

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平10-506802

(43) 公表日 平成10年(1998) 7月7日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

A 6 1 B 8/00

A 6 1 B 8/00

G 0 1 N 29/06

G 0 1 N 29/06

G 0 1 S 13/90

G 0 1 S 15/89

B

15/89

13/90

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 66 頁)

(21) 出願番号 特願平8-506792  
(86) (22) 出願日 平成7年(1995) 8月4日  
(85) 翻訳文提出日 平成9年(1997) 1月22日  
(86) 国際出願番号 PCT/US 95/09930  
(87) 国際公開番号 WO 96/03921  
(87) 国際公開日 平成8年(1996) 2月15日  
(31) 優先権主張番号 08/286, 510  
(32) 優先日 1994年8月5日  
(33) 優先権主張国 米国 (US)

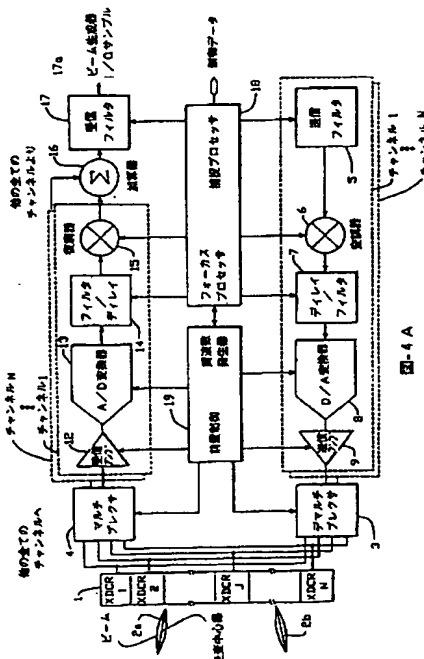
(71) 出願人 アキュソン コーポレイション  
アメリカ合衆国, 94039 カリフォルニア  
州, マウンテン ヴュー, チャールストン  
ロード 1220  
(72) 発明者 ライト, ジェイ., ネルソン  
アメリカ合衆国, 94025 カリフォルニア  
州, メンロ パーク, ベイ ローレル ド  
ライヴ 1445  
(72) 発明者 マズラク, サムエル, エイッチ.  
アメリカ合衆国, 94062 カリフォルニア  
州, ウッドサイド, ハイ ロード 961  
(74) 代理人 弁理士 石川 泰男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 干渉性結像方法及び装置

(57) 【要約】

本発明は、対象物の像を生成する装置であり、それは、1以上のビーム(2 a, 2 b)を送信する変換アレイ(1)を使用し、それらビームは、複数の励起事象について操舵され及び/又は移動され、対象物の視野を走査して、個々の励起事象後に、受信走査線上の1以上の受信ビーム上で対象物からの受信された戻り信号を検出し、それら受信された信号を対応する電気信号に変換する。その方法及び装置は、加えて、視野の少なくとも一部に渡って、受信走査線上で取得されたそれら電気信号の位相及び振幅情報の両方を保持する干渉性サンプルを捕捉及び記憶し、また、別個の受信ビームに関連する、記憶された干渉性サンプルを結合して、合成走査線上に整列した新たな干渉像サンプルを合成する。合成走査線は、(a) 信号が検出された受信走査線、(b) 信号が向けられた送信走査線、(c) 送信走査線及び受信走査線、のいずれかと別個である。その方法及び装置は、更に、合成された干渉像サンプルを検出し、結果として得られる像のフィールドを表示又は記録する。



## 【特許請求の範囲】

1. 受信走査線上に捕捉された干渉性サンプルを使用して対象物の像を形成する装置において、干渉性サンプルは対象物からの信号を示し、前記装置は、

(a)捕捉された干渉性サンプルの位相を調整し、ビーム間干渉を実行する位相整列器と、

(b)位相整列されたサンプルを利用して新たなサンプルを合成する合成器と、を備えること。

2. 前記装置は、複数の送信励起事象を使用して送信ビームを生成し、個々の励起事象の後、1以上の受信ビームの各々の上にある、前記対象物からの信号を検出し、前記信号の干渉性サンプルを捕捉し、前記送信ビームの各々は、送信走査線に対して実質的に整列し、前記受信ビームの各々は、それぞれの受信走査線に実質的に整列している請求項1記載の装置。

3. 前記合成器は、前記位相整列され捕捉された干渉性サンプルを結合して合成走査線上に新たな干渉性サンプルを合成し、前記合成走査線は、(1)前記受信走査線、及び、(2)前記送信走査線の少なくとも一方と空間的に別個である請求項2記載の装置。

4. 合成された干渉性サンプルを検出する検出器をさらに備える請求項3記載の装置。

5. 前記合成器は、前記位相整列された干渉性サンプルを重み付けし、加算することにより結合する請求項3記載の装置。

6. 検出器は、合成された干渉性サンプル及び捕捉された干渉性サンプルの両方を検出する請求項4記載の装置。

7. 個々の送信励起事象は1の送信ビームを生じ、前記送信ビームは、前記複数の送信励起事象について、送信走査線と実質的に整列している請求項2記載の装置。

8. 送信励起、送信ビーム生成及び受信ビーム生成のシーケンスは、視野の少なくとも一部において、合成開口走査を実行する請求項2記載の装置。

9. 前記合成器は、少なくとも1つの、値が1である重み付け係数を選択し、前

記重み付け係数を重み付け及び加算に使用する請求項5記載の装置。

10. 個々の受信走査線は個々の送信走査線と共直線性を有し、前記合成器は、前記位相整列され捕捉された干渉性サンプルを結合して、合成走査線上に新たな干渉性サンプルを合成し、合成走査線は、前記受信走査線と空間的に別個である請求項3記載の装置。

11. 前記合成器は、前記位相整列された干渉性サンプルを、重み付けし、加算することにより結合する請求項10記載の装置。

12. 合成された干渉性サンプル及び捕捉された干渉性サンプルの両方を検出する検出器をさらに備える請求項10記載の装置。

13. 個々の送信励起事象は1の送信ビームを生じ、前記送信ビームは、前記複数の送信励起事象について、送信走査線と実質的に整列している請求項10記載の装置。

14. 送信励起、送信ビーム生成及び受信ビーム生成のシーケンスは、視野の少なくとも一部において、合成開口走査を実行する請求項10記載の装置。

15. 前記合成器は、前記位相整列されたサンプルに重み付け加算を実行する請求項10記載の装置。

16. 前記合成器は、少なくとも1つの、値が1である重み付け係数を選択し、前記重み付け係数を重み付け及び加算に使用する請求項15記載の装置。

17. 複数の送信励起事象により発生する送信ビームを使用し、超音波像を生成する装置において、

(a)同一の送信励起事象に関連する、少なくとも2つの空間的に別個の受信走査線上に、対象物からの信号を示す干渉性サンプルを捕捉する受信器と、

(b)同一の送信励起事象に関連する受信走査線上に捕捉されたサンプルを利用し、第1合成走査線上に少なくとも2つの干渉性サンプルを合成する合成器と、

(c)前記合成されたサンプルを検出する検出器と、を備えること。

18. 前記第1合成走査線は、送信走査線と実質的に共直線性を有する請求項17記載の装置。

19. 前記受信器は、連続する送信励起事象から干渉性サンプルを捕捉し、前記連続する送信励起事象に関連する前記受信走査線の各々は、空間的に別個であり、

前記合成器は、連続する送信励起事象からの前記干渉性サンプルを利用して、第2合成走査線上に少なくとも2つの干渉性サンプルを合成する請求項17又は18に記載の装置。

20. 前記受信器は、連続する送信励起事象から干渉性サンプルを捕捉し、前記連続する送信事象と関連する前記送信走査線の少なくとも1つは、後続の送信励起事象からの前記受信走査線の少なくとも1つと実質的に共直線性を有し、

前記合成器は、連続する送信励起事象からの前記干渉性サンプルを利用して、合成走査線上に少なくとも2つの干渉性サンプルを合成する請求項17又は18に記載の装置。

21. 前記合成器は、前記合成された干渉性サンプルを利用して、第3合成走査線上に、さらに少なくとも1つの合成サンプルを合成する請求項19又は20に記載の装置。

22. 前記合成走査線は、前記送信及び受信走査線のいずれとも共直線性を有しない請求項21記載の装置。

23. 前記合成走査線は、前記送信及び受信走査線のいずれとも共直線性を有しない請求項17記載の装置。

24. 対象物の超音波像を生成する装置において、前記装置は、複

数の送信励起事象を使用して、送信ビームを生成し、個々の励起の後、1以上の受信ビームの夫々の上にある、前記対象物からの信号を検出し、前記信号の干渉性サンプルを捕捉し、前記送信ビームの各々は、送信走査線夫々に対して実質的に整列し、前記受信ビームの各々は、受信走査線夫々に対して実質的に整列し、前記装置は、合成サンプルを合成する合成器を備え、前記合成器は、

(a)前記捕捉された干渉性サンプルを利用して、合成走査線上に複数の干渉性サンプルを合成し、

(b)前記合成された干渉性サンプルの少なくとも1つを利用して、少なくとも

1つの更なる干渉性サンプルをさらに合成すること。

25. 前記更なる干渉性サンプルは、更なる合成走査線上にある請求項24記載の装置。

26. 前記捕捉された干渉性サンプルは、単一の送信励起事象に関連する、少なくとも2つの空間的に別個の受信走査線上にある請求項24又は25に記載の装置。

27. 前記捕捉された干渉性サンプルは、少なくとも2つの別個の送信励起事象に関連する請求項24又は25に記載の装置。

28. 第1及び第2の組の干渉性サンプルを、夫々、(1)単一の送信励起事象に関連する空間的に別個の受信走査線、及び、(2)別個の送信励起事象に関連する受信走査線から合成する手段を有する請求項24又は25に記載の装置。

29. 前記第1の組の捕捉された干渉性サンプルは、送信走査線と

共直線性を有する合成走査線上に干渉性サンプルを合成するために使用され、前記第2の組の捕捉された干渉性サンプルは、受信走査線と共直線性を有する合成走査線上に干渉性サンプルを合成するために使用される請求項28記載の装置。

30. 前記更なる合成走査線は、前記送信及び受信走査線のいずれとも共直線性を有しない請求項24又は29に記載の装置。

31. 複数の送信励起事象により発生する送信ビームを使用し、超音波像を生成する装置において、

(a)同一の送信励起事象に関連する、少なくとも空間的に別個の受信走査線上に、対象物からの信号を示す干渉性サンプルを捕捉する受信器と、

(b)前記捕捉された干渉性サンプルを利用して合成走査線上に複数の干渉性サンプルを合成する合成器と、

(c)前記合成されたサンプルを検出する検出器と、を備え、前記合成走査線の数、視野の少なくとも一部を覆う受信走査線の数よりも大きいこと。

32. 複数の送信励起事象を使用して送信ビームを生成し、個々の励起の後、前記対象物からの少なくとも2つの受信ビームの夫々の上にある信号を検出することにより対象物の超音波像を生成する装置において、前記送信ビームの各々は、

送信走査線夫々に対して実質的に整列し、前記受信ビームの各々は、個々の受信走査線夫々に対して実質的に整列し、前記装置は、

(a)前記受信走査線上に、前記信号の干渉性サンプルを捕捉する、時間的にインターリーブされた受信ビーム生成器と、

(b)前記捕捉された干渉性サンプルを結合し、(1)前記受信走査線、及び、(2)前記送信走査線の少なくともいずれか一方と空間的に別個の合成走査線上に新たな干渉性サンプルを合成する合成器と、

(c)合成された干渉性サンプルを検出する検出器と、を備えること。

33. 前記時間的にインターリーブされた受信ビーム生成器は、独立にプログラム可能な複数のチャンネルを有するビーム生成器を備える請求項32記載の装置。

34. 対象物の像を生成する装置において、

対象物からの信号を示し、単一の受信走査線に沿う少なくとも2つの干渉性サンプルを捕捉する受信器と、

単一の受信走査線上で捕捉されたサンプルを利用し、単一の合成走査線上の、捕捉されたサンプルから異なる距離に少なくとも1つの干渉性サンプルを合成する合成器と、

後段に走査変換器を有する検出器と、を備えること。

## 【発明の詳細な説明】

## 干渉性結像方法及び装置

## 発明の分野

本発明は、例えば、レーダー、ソナー、地震、及び、超音波のシステムなどを含み、振動エネルギーを利用する干渉性結像システムに係る。特に、本発明は、例えば、Bモード（グレイスケール結像モード）におけるリニア、操舵されたリニア、扇形、円形、ベクタ（登録商標）、操舵されたベクタ（登録商標）、及び、他のタイプの走査フォーマットの位相アレイ超音波結像システムに関するが、これに限定されるものではない。本発明は超音波システムについて説明されるが、本発明は他の干渉性結像装置とともに実行することができる。

## 発明の背景

電子ビーム生成を利用し、パルスエコー又はエネルギー反射結像を実行する多くの干渉性結像形式、特に、レーダー結像、超音波結像、及び、ソナー結像が存在する。多くの応用において、特に実時間の医療用超音波結像においては、高いフレームレートを得るために個々の像を捕捉するのに要する時間（即ち、所定の視野を走査するのに要する時間）を最小にすることが重要である。

しかし、視野を迅速に走査しようとする要求は、視野を照明し、像を捕捉するために使用されるビームの十分に微細な間隔を維持する必要によりいつも緩和される。これらのビーム間隔は、走査線と呼ばれる、方位方向の標本化グリッドを規定し、像の情報は、1以上の次元の標本化定理に従う特定の標本化限界よりこのグリッドが

微細である場合にのみ正確に保存されることが知られている。従来技術のシステムは、しばしばフレームレートを選択して視野をアンダーサンプリングし、結像性能については妥協していた。アンダーサンプリングに伴う視覚的なアーチファクトはシフト変動であり、横たわる対象の視野に対しての標本化グリッドの小さなシフトに関する像のフィールドの感度により特徴付けられる。理想的な結像システムでは、像のフィールドは、対象物のフィールド上における標本化グリッドの配置に対して感度を有しない。

従来技術においては位相検出も使用されているが、表示された像が検出されたサンプル、典型的には対数振幅の検出サンプルからなるという要求により、適切な標本化はさらに困難となる。Hayesは、IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, Vol. ASSP-30, No.2, April 1982, pages 140-154の「フーリエ変換の位相及び振幅からの多次元シーケンスの再構築」において、興味の対象となるケースにおいては、振幅検出又は位相検出処理を通じて、保存されるべき全ての情報に対して、像を距離及び方位の個々に係数2によりオーバーサンプルしなければならないことを示している。

適切な走査線密度を維持しなから視野を迅速に走査する必要性は、多ビーム手法を伴う従来技術においても取り組まれており、そこでは2以上の独立な受信ビームが同時に生成され、同時に励起された1以上の独立の送信ビームからのエコーを検出している。一つの例は、O'Donnellの1989年12月12日に発行され、「単一の励起事象に応答して複数の異なる戻りエネルギー結像ビームを捕捉する方法及び装置」と名づけられた米国特許No. 4,886,069であり、その中では、1つの送信ビームに関連して複数の受信ビームが使用される。別の多ビーム手法は、1992年4月21日に発行され、「多ビーム超音波像の変換方法」と名づけられたDrukarevの米国

特許No. 5,105,814であり、その中では、複数の非共直線性受信ビームが同じ多数の送信ビームと1対1に整列するように生成される。

2次元アレイを使用し、3次元の像を捕捉する類似の手法は、S. Smith, H. Pavy及びO. von Raumの、IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferro-Electrics, and Frequency Control, Vol. 38, No.2, March 1991, pages 100-108、「高速超音波容積測定結像システムーパートI：変換器設計及びビーム操舵」、並びに、O. von Raum, S. Smith及びH. Pavyの「高速超音波容積測定結像システムーパートII：並行処理及び像表示」、IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferro-Electrics, and Frequency Control, Vol. 38, No. 2, March 1991, pages 109-115に記載されている。多数の点を照明する個々の送信ビームについて、8個の同時受信ビームが生成される。



これらの全ての従来技術は視野を走査するのに要する時間を減少させるが、それらは、計画的な送信及び受信ビームの非整列、及び／又は、複数の送信ビームが使用される場合には、ビーム間干渉により、結像性能の低下を生じることがある。その低下は、シフト変動として系統的に明らかになる。第1のケースでは、それは、結果として生じる2方向ビームが大体において1つの直線通路を横切らない（位置に依存する幾何学的歪みを生じる）ことによる。第2のケースでは、それは、2方向ビームがビーム間で均一でないことによる。これらのアーチファクトは、近視野結像のためのフォーカシングを使用するシステムにおいては明らかであり、それらは通常、特に、高解像度の医療用超音波結像においては容認し難いものである。

#### 本発明の概要

従って、本発明は、従来技術に改良を加えるものである。

本発明の目的は、視野に渡って迅速な走査を可能とすること、及び、従来技術の手法に内在する前述のアーチファクトを除去し又は実質的に減少することにある。本発明の新規な観点は、(1) 1以上の同時に励起される送信ビームとの組み合わせにおいて1以上の同時に生成される受信ビームを使用すること、(2) 個々の受信ビームに関連する信号の干渉性サンプル（即ち、後に定義するように、信号間で相対振幅及び位相を保持するサンプル）を記憶すること、(3) 検出の前に1以上の干渉性サンプルを合成すること、を含む。1以上の新たな干渉性サンプルは、記憶された干渉性サンプルを使用して計算され、それら記憶された干渉性サンプルは複数の別個の受信ビーム（即ち、空間的に異なる受信走査線及び／又は時間的に異なる送信励起と関連する2以上の受信ビーム）と、(a)補間（線形補間と重み付け加算とを含む）、(b)補外、又は、(c)他の手法の処理により関連付けられる。1以上の新たな干渉性サンプルは、合成走査線上に合成される（即ち、後に定義するように、あらゆる受信走査線及び／又はあらゆる送信走査線と空間的に別個の走査線）。

本発明の更に他の観点は、ビーム生成後、検出以前にサンプル密度を増加することにある。サンプル密度は、例えば、捕捉サンプルの2次元データセット、及

び／又は、捕捉サンプルの3次元データセットに基づいて増加される。

更に他の目的は、従来技術における、捕捉サンプルの受信走査線に対する非整列により生じる幾何学的歪みの除去にある。

本発明は、電子ビーム生成器を利用して、1以上のエネルギービームを送信走査線上で同時に送信し、また、受信走査線上の1以上のビームとともに反射エネルギーを同時受信することが可能な方法及び装置を含み、そのビーム生成器は、送信及び受信ビームを夫々独立に操舵及び／又は移動させて所定の視野に渡って走査を行う。

システムは、個々の受信ビームに関連する受信信号の干渉性サンプルを捕捉し、記憶し、また、記憶された干渉性サンプルの補間（重み付け加算、その他）、及び／又は、補外、及び／又は、他の演算を実行して合成走査線上に新たな干渉性サンプルを合成し、それら合成走査線は、受信走査線と空間的に別個、及び／又は、送信走査線と空間的に別個、及び／又は、その両方である。それから、1の実施例のシステムは、捕捉及び合成干渉性サンプルを検出し、走査変換を行い、結果として生じる像のフィールドを表示又は記録する。

本発明の別の実施例は、検出の前に、捕捉及び／又は合成サンプルに対して走査変換を実行する。さらに、干渉性走査変換の作用は、本来的及び自然的に合成サンプルを生成する。

本発明のさらに別の実施例では、捕捉された干渉性サンプルの走査変換は、本発明の他の手法による合成サンプルの生成以前に実行される。

本発明のさらに他の実施例では、走査変換及び本発明の他の手法による合成サンプル生成は、組み合わせ処理により実行される。

本発明の追加の態様は、距離に依存し、及び、走査線に依存する移相器又は位相整列器である。幾つかの走査フォーマットについては、位相整列器は、捕捉サンプルのデータフィールドに渡って干渉性調整を行うことを許容し、正しい干渉性サンプルの合成を確実にする。

本発明の更に別の態様は、合成開口結像を支持する処理である。この処理は、時間的に別個の送信励起事象に関連する受信信号の干渉性サンプルを重ねるもの

であり、そうして、個々の事象に関連する構成要素の小型開口から、より大型の送信及び／又は受信開口を合成する。

本発明のさらに追加の態様は、合成走査線上の干渉性サンプルの

ライン間フィルタリングである。そのようなフィルタリングは、周期的な利得変動を補償するために使用することができる。

本発明の別の態様は、別個の受信走査線上、及び／又は、合成走査線上の干渉性サンプルの方位補間及び／又は補外である。

本発明のさらに他の態様は、受信走査線及び／又は合成走査線に沿った距離における干渉性サンプルの補間及び／又は補外である。距離及び方位における位相整列、合成開口重畳、フィルタリング、補間、及び／又は、補外は、分離した、又は、組み合わせた処理動作に組み込むことができる。

2次元及び3次元結像システムの両方において、本発明の態様は、あらゆる所望の空間的位置に合成サンプルを追加し、それによりフィールド内のサンプル密度を増加することにある。

本発明の1の実施例は、1つの送信ビームを、2つの空間的に別個で、非共直線性を有し、送信ビームの両側に整列された受信ビームとの関連において使用する。この実施例は、所定の視野を適切に走査するために必要な送信励起事象の数を係数2で減少させることを許容し、それにより視野の走査に要する時間を半減する。捕捉信号の結合により適性に合成されたサンプルは、品質において、従来技術の方法において単一の受信ビームに整列する単一の送信ビームを使用して同時に1のラインを走査することにより捕捉された受信信号と一致する。この新たな手法の従来技術に対する根本的優位性は、適切に視野を走査するために要する時間の減少により、フレームレートを増加させることにある。

本発明の別の実施例は、1つの共直線性受信ビームとの関連において、1つの送信ビームを使用する。本実施例は、補間及び／又は補外により、適切に所定の視野を走査するのに要する時間を増加させることなく、係数2以上による走査線密度の増加を許容する。こ

れは、一般的に、多くの応用において結像性能を改善するための空間的オーバーサンプリングに有益である。なぜなら、オーバーサンプリングは、一般的に、検出処理を通じて像情報を保存するために必要とされるからである。

好適な実施例は、1つの送信ビーム及び2つの空間的に別個で、非共直線性の受信ビームを使用して、係数2による像捕捉時間の減少、及び、係数2以上による走査線密度の増加を実行することにより、上記の実施例両方の成果を達成する。従って、この好適な実施例は、個々の走査線が単一の送信ビーム及び共直線性の単一の受信ビームにより形成される従来技術の方法と比較して、全ての走査線上の結像サンプルを捕捉するのに要する時間を係数4以上で短縮する。他の方法により、好適な実施例は、オーバーサンプルされた像を、従来技術の方法が2又は3次元システムの標本化定理に従って標本化された最小の像を捕捉する時間の半分の時間で捕捉し、合成する。

空間的に静止した目標に関して、本発明の手法は、超音波結像、レーダー結像、地震結像、及び、ソナー結像に適用可能である。走査が達成される方法を適切に考慮すると、本発明の手法は、任意のセンサアレイの幾何形状及び素子間隔に適用可能である。それは、3次元結像のための2次元センサアレイに拡張することができる。それは、従来技術の多ビーム手法がより多量の幾何学的歪みを生じていた比較的大きな開口を有する高解像度システムに対して、特に有益である。

本発明は、主として近視野の医療用超音波結像に有用である。それは、既知の全ての超音波走査フォーマットに適用可能である。それは、ダイナミックフォーカシング、ダイナミックアポダイゼーション、結合送信フォーカシング手法、及び、連続的送信フォーカシ

ング手法に有益に含めることができる。

本発明の手法は、振幅検出、平方振幅検出、対数振幅検出、位相検出、周波数検出、及び、これらの検出結果の任意の機能を含む、既知の全てのタイプの検出と互換性を有する干渉合成サンプルを生成する。それは、検出前フィルタリング及び残像、走査変換、及び、グレースケールマッピングを含む、像の表示及び記録のための標準的な手法と互換性を有する。

## 図面の簡単な説明

図1Aは、合成走査線上に合成サンプルを生成する本発明の好適な実施例の概略を示す。

図1B-1及び1B-2は、合成開口走査が使用された際に、合成走査線上に合成サンプルを生成する本発明の好適な実施例を示す。

図2は、合成サンプルを生成する本発明の別の実施例の概略を示す。

図3は、合成サンプルを生成する本発明のさらに別の実施例を示す。

図4Aは、本発明の実施例への入力として、干渉性サンプルを捕捉するために使用できるデジタルビーム生成器の概略ブロック図である。

図4B-1及び4B-2は、合成開口走査の使用可能性を有し、合成走査線上に合成サンプルを生じさせる本発明の装置の実施例の概略ブロック図である。

図4Cは、近接補間及び／又は補外手法を利用し、合成走査線上に合成サンプルを生じさせる本発明の装置の実施例の概略ブロック図である。

図5は、本発明の第1及び第2のタイプの双方の合成サンプルの

計算が可能なデュアルライン合成器の概略ブロック図である。

図6A、6B及び6Cは、本発明の実施例とともに使用可能なセクタ、ベクタ（登録商標）及びリニア走査フォーマットを示す。

図7は、合成走査線上に合成サンプルを生成することによる幾何学的歪みの補正に関する図1Aの好適な実施例を示す。

図8A、8B及び8Cは、本発明の3つの実施例を概略的に示し、図8Aは、図4B-1及び4B-2に示される実施例を示す。

図9Aは、合成サンプルが生成されるリニア走査線フォーマットを示す。

図9Bは、六方標本化が採用され、合成サンプルが生成されるリニア走査ラインフォーマットを示す。

図10は、位相整列器の概略ブロック図である。

## 好適な実施例の説明

## I. 定義

## A. 走査線

走査線とは、空間を通る直線をいい、その上に像のサンプルが位置すると推定される。送信走査線とは、その上に関連する送信ビームが位置すると推定される線をいう。受信走査線とは、その上に受信ビームが位置すると推定される線をいう。ほとんどの従来技術では、送信走査線は受信走査線と同一（共直線性）である。

#### B. 合成走査線

合成走査線とは、いずれの受信走査線、及び／又は、いずれの送信走査線とも別個の走査線をいう。

#### C. 別個の受信ビーム

別個の受信ビームとは、（１）空間的に異なる受信走査線、及び、（２）時間的に異なる送信励起の少なくとも一方と関連する受信ビームをいう。

#### D. 合成開口走査

合成開口走査とは、走査線上に干渉性サンプルを捕捉する方法であり、変換素子のアレイを、送信及び／又は受信のための複数の独立又は実質的に独立のサブアレイに分割することにより実行される。個々のサブアレイは、複数の変換素子から構成され、複数の送信／受信シーケンスを実行し、個々のシーケンスは１つの送信励起と送信／受信サブアレイの結合を伴う。複数のシーケンスの内の個々のシーケンスと関連する送信及び受信ビームは、それぞれ、同一の送信及び受信走査線に整列するように設計される。

#### E. 干渉性信号及びサンプル

２つの信号の複合エンベロープの相対的振幅及び位相の正確な特性付けを可能とするために十分な情報が記憶され、保存され、又は、維持された時には、２つの信号のサンプルは干渉性を有する。

#### F. 整列された位相

２つのエコー又は受信信号の時間的位相変動における唯一の差異が、目標と信号との相互作用に完全に起因する場合、２つの反響又は受信信号が位相が整列されたという。２つの信号を位相整列させる工程は、一方又は他方、若しくは両方の信号の時間的位相変動を、全ての系統的な歪み作用に対して調整する工程であ

る。

## II. 干渉性サンプルの合成方法

### A. 合成走査線上に合成されたサンプル

本発明は、好適には医療用超音波結像において、合成走査線上に干渉性サンプルを生成する新たな方法を含み、その結像は、従来技術に存在した結像性能及び解像度の妥協を伴わずにフレームレートを増加させることを可能とする。本発明は、この方法を、幾何学的歪みの修正を伴う、像のサンプル密度の増加を通じて達成する。

本発明は、あらゆる既知の走査フォーマットに使用可能である。

そのようなフォーマットは、例としてのみ挙げれば、図6A、6B及び6Cに示されるセクタ、ベクタ（登録商標）、リニア走査フォーマットを含む。これらの図各々は、位相同期したアレイの形態の超音波変換器を示し、また、送信走査線、受信走査線、及び、好適な実施例により作られる方向の合成走査線を示す。これらの点の他、以下に示す図1A、1B-1、1B-2、2及び3は、特定の走査幾何学形状を参照することなく、その方法における走査線の順序化及び相対配置を包括的に示す。

好適な実施例においては、その方法は、組になって同時に捕捉された複数の受信ビームからの標本化、デジタル化、及び、信号の記憶を必要とし、個々の組は単一の送信ビームに関連する。そのような信号は、信号情報を破壊し、又は、実質的に変形させるあらゆる不可逆的处理（例えば、振幅検出）以前にデジタル化し、干渉性を有する状態で記憶しなければならない。信号は、通常、帯域濾波工程として特徴付けられ、そのような信号内の情報を保存する多くの既知の標本化手法が存在する。信号に関する全ての情報が実質的に保存されるので、結果として得られるサンプルは、標本化手法の詳細に拘わらずここでは干渉性サンプルとして言及される。

干渉性サンプルを取得する好適な手法は、帯域濾波信号のベースバンドへの直角又は複素復調によるものであり、信号の同相又は直

角位相成分（I 及び Q）を生成する。I 及び Q 成分は、それぞれ、帯域濾波信号の複素エンベロープの実部及び虚部と見做される。標本化及びデジタル化は、復調工程の前又は後に行われる。アナログ又はデジタルの帯域濾波信号の直角復調を通じてベースバンド I 及び Q 信号を得る手段は、信号処理及びドップラー処理の文献により既知且つ普通のものである。特に、その手法は、医療用超音波ドップラー処理において普通に使用される。以下に説明するように、図 4 A に示す本発明の構成は、本出願の譲受人が同時に出願した上記の特許出願の主題でもあり、所望の干渉性サンプルを提供することが可能である。

干渉性サンプルを得るための第 2 の代替的手法は、帯域濾波信号を、信号内の情報を保存するために十分に速い速度で、直接標本化及びデジタル化することによる。

第 3 の代替的手法は、原帯域濾波信号をヘテロダインし、フィルタリングして得られる中間周波数信号を標本化することによる。

好適な方法は、さらに、別個の受信ビームからの対応する干渉性サンプルを線形結合することを要求する。非線形結合手法も本発明の視野の範囲内である。既述のように、受信ビームは、それらが時間的に異なる場合（即ち、同一の受信走査線と整列していたとしても、異なる送信に関連し、それゆえ非同時に発生する）、及び／又は、空間的に別個である（同一の送信事象に関連していたとしても異なる受信走査線と整列している）場合には別個の受信ビームとなる。本実施例では、そのような線形結合は、2 つの別個の受信ビームに関連する干渉性サンプルの単純な平均化、又は、他の重み付け加算とすることができ、それにより新たな干渉性サンプルを生成する。これらの新しい干渉性サンプルは、合成走査線上に位置する。合成走査線は、(1) あらゆる受信走査線と空間的に別個（第 1 のタイプ、図 1 A）か、(2) あらゆる送信走査線と空間的に別個（第 2 のタイプ、図 1 A）か、(3) あらゆる受信走査線及びあらゆる送信走査線の双方と空間的に別個（第 3 のタイプ、図 3、並びに、図 1 A 及び 1 B - 2 の第 3 のタイプ）のいずれかである。他の合成サンプルのタイプは後に説明する。



本発明の方法は、さらに、別個の受信ビームからの干渉性サンプルの結合工程から予測可能な結果を得るために、ビーム間の干渉性を要求する。位相同期アレイ結像システムにおけるチャンネル間の干渉性の必要性は良く理解されているが、ビーム間の干渉性は、ほとんどの従来技術の超音波結像システムにおいては要求されていない。従来技術のシステムにおいては、結像の均一性の要求は、あらゆる走査線上のあらゆる距離の地点目標に対するシステムの振幅応答が、近傍の走査線上の同一距離の同一目標に対する振幅応答と実質的に同一であるというものである。本発明におけるビーム間の干渉性の要求は、さらに、あらゆる走査線上のあらゆる距離の地点目標に対するシステムの位相応答（例えば、同相及び直角位相応答による振幅応答と連带的に示される）も、近傍の走査線上の同一距離の同一目標に対する位相応答と実質的に同一であるという要求を包含する。系統的な位相変動は、幾つかの走査フォーマットにおいて生じ得る。例えば、連続する送信及び受信ビームに関連する開口が相互に相対的に変化するならば、系統的な走査線間の位相変動を導入することができる。同様に、連続する送信及び受信ビームの中心周波数が相互に変化するならば、系統的な走査線間の位相変動を導入することができる。この方法は、距離に依存した、又は、走査線に依存した位相補正、若しくは、そのような系統の変動の調整を要求する。そのような位相補正又は調整は、予め決定され、メモリに記憶され、新たな干渉性サンプルを合成する以前に、位相整列器に

より捕捉された干渉性サンプルに適用されるようにすることができる。

走査で予め検出されたビームにおいて干渉性位相配列を確立するために、系統的位相変動の調整が望まれる。詳細には、第1受信ビームのベースバンドI/Q信号が、第2受信ビームのベースバンドI/Q信号と、比較可能な距離において位相整列されていることが望ましい。既述のように、ある特定の走査フォーマットにおいては距離に依存する位相変動が導入され、その変動は検出に先行する相回転により系統的に補正される。ビーム間の送信/受信周波数の差異により生じる、他の距離に依存する位相変動は、検出に先行する再変調により系統的に補正することができる。これは、ビームが生成されたベースバンドI/Q信号におい

で最も効率的に行うことができる。

複数の素子に渡って干渉性を有するように加算されたビーム生成器の出力において得られ、送信時の変調、受信時の復調及び干渉性加算を経た信号の理想化された表現は：

$$x(t-2r/c) = e(t-2r/c) \cdot e^{j[\omega_m \cdot (t-2r/c)]} \cdot e^{-j[\omega_d \cdot t]} \quad (1)$$

であり、ここで、

$e(t)$  = ベースバンド I / Q 信号のエンベロープ

$\omega_m = 2\pi f_m$  = 変調周波数 [MHz]

$\omega_d = 2\pi f_d$  = 復調周波数 [MHz]

$r$  = ある結像の深さ (距離) [cm]。

結像パルスの実際の中心周波数  $x(t-2r/c)$  は、さらに他の事項、例えば、組織の減衰、送信及び受信処理の連鎖におけるフィルタリング、及び、上記の式 (1) では明確には考慮されていない効

果に依存する。また、当業者には推測できるであろうことであるが、上記の式 (1) には、干渉性加算のために必要な遅延及び位相調整の詳細な表現も明確に含まれてはいない。この詳細は、ここに示す特定の結果を誘導するためには必要ではない。

送信変調周波数、受信復調周波数、又は、その両方は、通常、距離に依存する。特に、

$$\omega_m = \omega_m(R_t), \text{ and } \omega_d = \omega_d(R_r),$$

ここで、 $R_t$  = 活性状態のアレイ中心から送信焦点までの距離

$R_r$  = 活性状態のアレイ中心から受信焦点までの距離。

ダイナミックフォーカスを有するシステムについては、これは、 $\omega_d$  が継続的に更新されることを意味する。

ここで、走査線 1 は変調周波数  $\omega_m^1$ 、復調周波数  $\omega_d^1$ 、及び、ビーム生成器後の再変調周波数  $\omega_r^1$  に対応し、その近傍の走査線 2 は、変調、復調及び再変調周

波数がそれぞれ、 $\omega_n^2$ 、 $\omega_d^2$ 、 $\omega_r^2$ であるとする。異なる変調、復調及び再変調周波数の結果としての、これら2つの走査線間のビーム生成器後の位相差は、量 $\Delta\psi$ により境界を定められることが示される：

$$\Delta\psi < (\omega_n^2 - \omega_n^1) \cdot T_p - [(\omega_d^2 + \omega_r^2) - (\omega_d^1 + \omega_r^1)] \cdot 2R_r / c \quad (2)$$

ここで、 $T_p$  = 受信ビーム生成器の信号出力のあらゆる深さにおける結像パルス期間。

この表示は、ビーム生成器後の再変調点における、受信焦点の深さ $R_r$ について有効である。

$\Delta\psi$ 以外に他の条件があり、それは、上記式(2)と無関係に、

ビーム生成器の出力において位相の干渉性を確保するために必要であることを再度付言しておく。そのような条件の例は、ビームの原点のオフセットを考慮した条件であり、例えば、ベクタ(登録商標)において自然に発生する、リニア、及び、湾曲リニアフォーマットで、特に端部が整列したものであるが、これらは限定的ではない。予想されるように、 $\omega_n^2 = \omega_n^1$ 、 $\omega_d^1 = \omega_d^2$ 、 $\omega_r^2 = \omega_r^1$ の時、 $\Delta\psi = 0$ である。

ここで観察すると、ビーム生成器後の再変調を規定する式(2)から、周波数 $\omega_r$ を有する検出後の出力は、その正しい選択により、走査線間の位相干渉性を許容する。特に、 $\omega_r^1$ と $\omega_r^2$ を：

$$\omega_d^1 + \omega_r^1 = \omega_d^2 + \omega_r^2 \quad (3)$$

のように選択すると、式(2)の第2項は実質的に無視することができる。もし、距離追従システムのように $\omega_d$ が距離に依存するならば、 $\omega_r$ もまた距離に依存せねばならない。

$(\omega_n^2 - \omega_n^1) \cdot T_p$ で与えられる式(2)の第2項は、 $(\omega_n^2 - \omega_n^1)$ を十分に小さく維持することにより容易に制御することができる。例えば、 $\Delta\psi < \pi/4$ という要求を考え、典型的なものとして、追従フォーカスシステムのための再変調点において測定された結像パルスが公称の変調周波数の4周期の期間を有

するとする。すると、走査線間の周波数変動において要求される制限は、式(2)及び(3)から、 $f_m^2 - f_m^1 < f_m^1 / 32$ となる。公称の変調周波数が5 MHzであれば、走査線間の変調周波数の差は、この例では0.156 MHzを超えないように抑制できる。

このように、ビーム生成器後、ビーム生成器前の受信処理が、走査内の全てのビームに対してビーム間の位相干渉性を要求するなら、

走査内のあらゆる2つのビーム間の最大送信キャリア周波数差は、上記の基準を満足するように選択すべきである。

) 再変調周波数を規定する上記の関係(3)は、送信の変調周波数とは独立である。そのような独立性は、あらゆる送信及び受信チャンネルについての変調信号及び復調信号の双方が共通のタイミングクロックに位相ロックすると仮定している。即ち、そのような全ての再変調及び復調信号の位相は、共通の時間基準に対して規定される。

また、上記の関係(3)は、連続する送信走査線上の変調周波数、及び、連続する受信走査線上の復調周波数が、それぞれ、 $2\pi$ の位相のアンビギティを避けるようにゆっくりと変化することを仮定している。即ち、 $f_{d1} \approx f_{d2}$  及び  $f_{m1} \approx f_{m2}$  である。この制約は、解決されている問題とは矛盾しない。

) また、上記の関係は(3)は、「適切にフォーカスされたシステム」を仮定しており、そこでは、視野内の点に関して行われたあらゆる観察が、目標もまたその点にあるか否かに拘わらず、受信焦点がその点(即ち、トラッキング、又は、ダイナミックフォーカス)にある時に同時に生じる。

上記の再変調は、好適には、受信ビーム生成の後、かつ、検出の前に生じるが、その代わりに、干渉チャンネル加算の前に、チャンネル毎に行うこともできることを述べておく。また、他の系統的位相変動も存在し、それは、変動する変調及び復調周波数のための補正に加えて補正される必要がある、例えば、アナログフィルタ、変換器素子、その他により導入される位相変動などであることを述べておく。もしそうであれば、これらの補正も同様に行われなければならない。典

型的には、それらは単に上述の位相補正に追加され、全体の位相補正が行われる。

この方法の好適な実施例を図1Aに模式的に示す。走査線間隔の

ための指標となる図式を規定する目的で、図1Aは指標基準線 $I_0$ 、 $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_4$ 、及び、 $I_5$ を含む。例えば、従来技術の装置は、指標線 $I_0$ から $I_5$ 上に送信ビームを順に発射し、それらは、送信走査線 $T_0$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、及び、 $T_5$ を生じる。図1Aの実施例から分かるように、奇数の送信走査線 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ は、本発明の有益性により、無くなっている。

図1Aの第1の送信励起は、送信走査線 $T_0$ に沿った送信ビームを生じる。2つの受信ビームが2つの受信走査線 $R_{0,1}$ 及び $R_{0,1}$ に整列し、好適には $T_0$ の周りに対称に形成される。非対称の受信ビームの使用は本発明の精神及び視野の範囲内であることが理解される。同様に、第2の時間的に別個の送信励起は、送信走査線 $T_2$ に整列した送信ビームを生じる。2つの受信ビームが2つの受信走査線 $R_{2,1}$ 及び $R_{2,1}$ に整列して、好適には $T_2$ の周りに対称に形成される。好適な実施例では、受信走査線 $R_{2,1}$ は、受信走査線 $R_{0,1}$ と共直線性を有する。例えば図3に示される本発明の他の実施例では、そのような受信走査線は空間的に別個である。このシーケンスは、視野が順に走査されるまで続き、その後、要求に応じてそのシーケンスが繰り返される。連続的な走査は、サンプル値が必要に応じて有益に生成される本発明の後述する装置をより効率的に使用するので、ランダムな走査よりも好適である。

個々の受信ビームに関連する信号の干渉性サンプルが取得され、次に続く新しい干渉性サンプルの合成工程のために記憶される。

第1の合成走査線（第1のタイプ） $L_0$ （送信走査線 $T_0$ と共直線性を有する）上の干渉性サンプルは、本実施例では、受信走査線 $R_{0,1}$ 及び $R_{0,1}$ に関連するデータを平均化することにより生成される。第2の合成走査線（第2のタイプ） $L_1$ （受信走査線 $R_{2,1}$ 及び $R_{2,1}$ と共直線性を有する）上の干渉性サンプルは、本実施例では、受信

走査線  $R_{01}$  及び  $R_{21}$  に関連するデータを平均化することにより生成される。このシーケンスは視野に渡って続く。このステージにおける合成走査線の密度は、送信走査線の密度の2倍である。

実際には、効率のため、第1及び第2のタイプの合成サンプルが同一の実施例で生成される。しかし、希望されれば、唯一の、又は、他のタイプの合成サンプルが生成されることが理解される。

例えば、第1のタイプの合成サンプルのような類似する追加のサンプルを、ここに識別される様々の種類の補間技術を利用して、 $R_{0-1}$ と $R_{01}$ の間の他の複数の方位位置について計算することが可能であることが理解される。さらに、補外手法を利用することにより、 $R_{0-1}$ と $R_{01}$ の間隔外において、合成サンプルを生成することができる。

第1及び第2のタイプの合成サンプルを生成する方法は、取得されたサンプルが受信走査線に対して整列していないことに起因する幾何学的歪みを補正するという基本的な利益を有する。図7は、図1Aと同一の表示を多く有しており、さらに、取得されたサンプルの空間的軌跡を示す破線と、前述の合成走査線を示す実線が加えられている。取得されたサンプルが受信走査線上に位置すると推定されるならば、幾何学的歪みが明らかにされる。この推定及び結果として生じる歪みは、多くの従来技術のマルチビーム結像に内在する。本発明の好適な実施例で採用される平均化工程は、取得されたサンプルに関連する湾曲を相殺し、合成サンプルを合成走査線上に配置する。

#### B. 合成開口走査

代替的な走査手法は、合成開口の使用を伴う。本発明の好適な実施例における合成開口は、以下の特徴を有する：

(1) 変換素子のアレイを、送信及び／又は受信のための複数の独立又は実質的に独立のサブアレイに分割する。個々のサブアレイは、複数の変換素子により構成される。

(2) 複数の送信／受信シーケンスを実行する。個々のシーケンスは1つの送信励起及び別個の送信／受信サブアレイの組を含み、その中で、複数のシーケンス

の内の個々のシーケンスは、同一の送信走査線及び同一の受信走査線上にビーム生成を行う。

(3)個々のシーケンスについて、個々の別個の受信ビームに関連する干渉性サンプルを捕捉する。

(4)好適には加算又は重み付け加算により、個々の空間的に別個の受信走査線(図1B-1及び1B-2)に関連する全ての対応干渉性サンプルを結合する。

このようにして、例えば、個々のシーケンスが2つの送信励起を含むとすれば、その方法は、個々の受信走査線について2つの時間的に別個の受信ビームからの干渉性データの加算か、又は結合を伴う。送信又は／及び受信の電子チャンネルの数は効果的に増加し、送信又は／及び受信の変換器の開口が増加する。

合成開口走査は、例えば、Klahrの米国特許No. 3,805,596、「高解像度超音波結像走査装置」、及び、Saugeonの米国特許No. 4,733,562、「物体の超音波走査方法及び装置」に記載されている。また、合成開口走査は、IEEE会報、Vol. 67、1979年4月に載せられた、Kinoの「非破壊的評価のための音波結像」、及び、Suttonの「水中における音波結像」に記載されている。

図1B-1及び1B-2は、本発明における合成開口手法の使用を示している(図1Aと同種の図とするため、図1B-1が図1B-2の上に配置される)。第1の送信励起は、送信走査線 $T_0$ に整列された送信ビームを生じる。2つの受信ビームが、第1受信サブ

アレイを利用して受信走査線 $R_{0-1}^A$ 及び $R_{01}^A$ と整列されるように形成され(上付き文字Aは、第1送信励起後の捕捉を示す)、それらは、本発明では、 $T_0$ について対称に配置される。第2送信励起は第1送信励起と同一であり、同一の送信開口を含み、同様に送信走査線 $T_0$ に対して整列された送信ビームを生じる。

2つの受信ビームは、第1及び第2のサブアレイを利用して、2つの受信走査線 $R_{0-1}^B$ 及び $R_{01}^B$ に整列するように形成され、それらは、それぞれ受信走査線 $R_{0-1}^A$ 及び $R_{01}^A$ と共直線性を有する(上付き文字Bは、第2送信励起後の捕捉を示す)。同様に、第3の送信励起は送信走査線 $T_2$ に整列した送信ビームを生じ、図1B-1及び図1B-2に従って、第1受信サブアレイを利用して受信走査線

$R^{A_{21}}$ 及び $R^{A_{23}}$ 上で捕捉工程が行われる。これに続くのは第4の送信励起、及び、受信走査線 $R^{B_{21}}$ 及び $R^{B_{23}}$ 上の捕捉工程であり、第2の捕捉に関する限りでは、再度、第2及び異なる受信サブアレイを第4の捕捉のために利用する。このシーケンスは、視野が走査されるまで続けられ、その後要求に応じて繰り返される。

受信走査線 $R_{0-1}$ に関連する信号の干渉性サンプルは、対応するサンプル $R^{A_{0-1}}$ 及び $R^{B_{0-1}}$ を加算することにより計算され、同様に受信走査線 $R_{01}$ については、対応するサンプル $R^{A_{01}}$ 及び $R^{B_{01}}$ を加算することにより計算される。それから、合成走査線に関する干渉性サンプルが図1Aとの関係で説明され、図1B-1及び図1B-2について示したのと同様の方法で生成され、この好適な実施例においては、受信走査線 $R_{0-1}$ 及び $R_{01}$ 、 $R_{01}$ 及び $R_{21}$ 、 $R_{21}$ 及び $R_{23}$ 、 $R_{23}$ 及び $R_{43}$ 、 $R_{43}$ 及び $R_{45}$ に関連するデータを平均化することにより生成され、それは、合成走査線上の合成された干渉性サンプルの完全な組が結合されるまで行われる。

合成された干渉性サンプルは、例えば、同一距離の干渉性サンプ

ルを方位フィルタに通過させることによりさらに有益に処理することができる。好適な実施例では、主として線間の利得変動を除去し又は最小化するため、重み係数[0.25、0.5、0.25]の3タップフィルタが使用される。これは、また、図1A及び1B-2にも模式的に示されている。

最後に、上述のように、合成サンプルは、合成開口手法を使用し、及び／又は、使用せずに生成することができることを記しておく。

#### C. 方位において合成されるサンプル

もう一つの実施例は、方位の補間及び／又は補外により追加の合成サンプルを合成することを含む(第3のタイプの合成サンプル)。この実施例は、所望の第1及び第2の合成サンプルを活用する先行する実施例と併用することができる。好適な実施例(図1A)においては、4つの近接する合成走査線の各々に関連する、同一距離のI及びQサンプルを使用し、4つのサンプルの中心にある新たな合成走査線について、同様にI及びQの形体で示される新たな1つのサンプルを



補間する。2つの選択可能な有限インパルス応答 (FIR) フィルタの内の1つが本実施例で使用され、一方のタップ係数は  $[0, 0.5, 0.5, 0]$  であり、他方のタップ係数は  $[-0.064, 0.564, 0.564, -0.064]$  である。この工程は、結像の方位サンプル密度を2倍にする機会を提供し、後続の映像表示のための非線型検出及び走査変換に起因する歪み及びアーチファクトを最小化する。この第3のタイプの合成走査線は図1A、1B-1、1B-2、2及び3に示される。線形信号処理の当業者には明らかなように、有利に使用できる多くの代替的補間フィルタ (異なるタップ数及び/又は異なる係数を使用)、及び、多くの補間係数 (新たな合成サンプルを他の相対位置に配置するための) が

存在する。加えて、追加の方位サンプルを生成するために使用可能な線形補間以外の補間計画も存在する。例としてのみ挙げれば、高速フーリエ変換による三角補間、スプライン補間、その他の計画を、方位サンプル密度を増加させるために使用することができる。

同様に、補外手法を使用して、例えば変換器の走査の端部で信号サンプルを生成し、サンプルの密度を増加させることも可能である。例としてのみ挙げれば、4つの近接する合成サンプルに対してフィルタ構成を使用して、補外により、方位に関して4つのサンプルの範囲外に位置する第5の合成サンプルを生成することができる。

#### D. 距離において合成されたサンプル

好適な実施例のもう一つの観点は、距離 (4タイプの合成サンプル) における補間及び/又は補外による、合成走査線上の追加の像サンプルの合成である。好適な実施例においては (図1A)、個々の合成走査線上の距離における4つの近接するサンプル各々を使用し、4つのサンプルの中心に位置する新たな合成サンプルを補間し、その合成サンプルは同様にI及びQの形態で示される。使用可能な補間フィルタのタップ係数は、方位フィルタのそれらと同一である。この工程も、結像のサンプル密度を、今度は距離において倍増させる。距離の補間及び/又は補外は、方位の補間及び/又は補外に使用可能なあらゆる手法により行うこ

とができる。

好適な実施例の全ての合成処理が完了すると、その後、合成走査線に関連する個々のデジタル干渉性サンプルは、その干渉性の表示から、映像ラスタ表示又は記録のために、従来の振幅検出され、対数圧縮された信号に変換される。干渉性の像サンプルを検出する工程は、サンプルを、表示又は記録装置のための選択の表示（通常は非干渉性）に変換する工程である。代替的な実施例においては、

検出は、位相又は周波数からなり、又は、それを含み、若しくは、対数以外の圧縮曲線を含み、若しくは、近接する干渉性サンプルの処理を含むように構成することができる。その方法は、検出処理の選択を制限するものではない。

それに続く、検出されたサンプルを表示し、又は、記録する工程は、典型的には、（1次元又は2次元の）空間フィルタリング、時間フィルタリング（即ち、残像）、走査変換、及び、グレースケールマッピングを含むように構成することができ、その後、信号は映像表示装置又は記録装置へ送られる。これらの信号処理構成は、医療用超音波結像システムの表示用及び記録用サブシステムにおいて普通に使用される。本発明の方法は、同様に、検出された信号の表示又は記録のための処理工程の選択を制限するものではない。

要約すると、図1A及び1Bに示す上述の好適な実施例は、合成走査線上に生成された4タイプの合成サンプルを含む。その第1のタイプでは、合成サンプルは、送信走査線と共直線性を有する合成走査線上に形成される。第2のタイプでは、合成サンプルは、2つの送信走査線間にある合成走査線上に形成される。第3のタイプでは、合成サンプルは、他の合成走査線間にあり、かつ、他のいずれの送信又は受信走査線とも共直線性を有しない合成走査線上に（方位補間を使用して）形成される。第4のタイプでは、追加の合成サンプルが距離において、合成走査線上に補間により形成される。

#### E. 方位及び距離においてサンプルを合成する代替的实施例

第3のタイプの合成サンプル及び合成走査線は、代替的实施例によっても生成することができ、その代替的实施例は、従来の（信号送信ビーム及び信号受信ビ

ームの) 走査手法を利用する。これが、図2に模式的に示される。第3のタイプの合成走査線は、所定距離

において方位的(横方向に)に補間された合成走査線として特徴づけることができる。なぜなら、それは、従来の(捕捉された)サンプル又は他の合成走査線(図1A)上に生成されたサンプルの補間を通じて得られるからである。言い換えれば、第3のタイプ、また、第4のタイプの合成サンプルは、最初に、第1のタイプ及び/又は第2のタイプの合成サンプルを生成せずに生成することができる。さらに、例えばFIRフィルタなどの適当なハードウェアを伴うことにより、第1、第2及び第3のタイプの合成サンプル、及び/又は、第1、第2、第3及び第4のタイプの合成サンプルが1つの処理により生成することができる。また、もう一つの代替実施例は、第1及び第2のタイプの合成走査線の計算を含むが、第3及び第4のタイプの合成走査線の計算は含まない、若しくは、第3及び第4のタイプの合成走査線の計算を含むが、第1及び第2のタイプの合成走査線の計算は含まないものとなることが理解される。

さらに、要約すると、(1)方位フィルタにより処理された合成サンプル、(2)合成位相変動の、距離に依存又は走査線に依存する位相補正を施された合成サンプル、(3)距離において補間された合成サンプル、(4)合成開口手法により構成された合成サンプル、を含む上記全てのタイプの合成サンプルは、重み付け加算(実数又は複素数の重み)、及び/又は、他の補間、及び/又は、補外、及び/又は、捕捉され及び/又は合成された干渉性サンプルを使用する他の結合手法により生成される。

線形補間のためには、重み付け及び加算は、幾つかの異なる手法に分解され、異なる数の別個の工程に分解される。例えば、図1Aの方位フィルタリング処理は、方位補間及び/又は距離補間処理の前、後、又は、それと同時に起き得る。同様に、以下に説明される位相整列器によるものの如き系統的位相変動の位相補正は、例えば、

第1、第2及び第3のタイプの合成サンプル生成とともに、受信走査線上の受信

サンプルの組になった結合に含めることができる。これは、加算に先行する、I及びQデータ（I及びQ信号が、夫々複素信号の実数及び虚数成分として扱われる場合）の複素的重み付けを意味する。本発明の好適な実施例における線形信号処理工程の詳細な分解は、導入の効率のために選択されるものであり、その方法についての制限ではない。好適な実施例のさらなる一般化は、また、新たな干渉サンプルを合成するための、3以上の別個の受信ビームと関連する干渉性サンプルの重み付け及び加算を含み、そのような重み付け及び加算処理は同等の手法により組織化し、順序化することができる。

### III. 好適な実施例の数学的处理

超音波結像に普通に適用される条件下では、複素結像工程は、結像システムの点広がり関数と、対象フィールドとのたたみこみ（即ち、フィルタリング）工程としてモデル化することができる。

$$i(u) = o(u) * p_r(u) \quad (4)$$

ここで、 $i(u)$ は像のフィールドであり、 $o(u)$ は対象物のフィールドであり、 $p_r(u)$ は点広がり関数（送信及び受信開口の両方に依存する）であり、 $*$ はたたみこみ処理を示す。より完全なモデルは3次元のたたみこみを含むが、ここでは簡単のため方位応答（ $u$ ）のみ考慮する。また、方位において、点広がり関数  $p_r(u)$  は、ここでは夫々  $p_t(u)$  及び  $p_r(u)$  で示される送信点及び受信点の広がり関数の積として近似することができることが知られている。従って、

$$p_r(u) = p_t(u) \cdot p_r(u) \quad (5)$$

好適な実施例の第1のタイプの合成走査線を考える。それは、送信走査線上に送信ビームを発生し、それから、受信走査線を送信走査線に対して対称に位置する2つの受信走査線上で受信し、その後、2つの受信走査線に関連する信号を平均化する。簡単のため、2つの受信ビームは、方位方向の移行以外は同一であると仮定する。有効な点広がり関数をこの工程にこのように関連付ける：

$$p_{r_i}(u) = p_t(u) \cdot \frac{1}{2} [p_r(u - u_r/2) + p_r(u + u_r/2)] \quad (6)$$

ここで、 $u_i$  は受信走査線の間隔とする。さて、好適な実施例の第2のタイプの合成走査線を考える。それは、同一の受信ビームを2度受信することにより形成され、それぞれの受信は異なる送信事象に関連し、よって、2つの送信走査線は受信走査線に対して対称に位置する。再度、簡単のため、2つの送信ビームは、方位方向の移行以外は同一であると仮定する。同様に、有効な点広がり関数をこの工程にこのように関連付ける：

$$p_{tr_i}(u) = p_r(u) \cdot \frac{1}{2} [p_t(u-u_i/2) + p_t(u+u_i/2)] \quad (7)$$

ここで、 $u_i$  は送信走査線の間隔とする。最後に、好適な実施例の第3のタイプの合成走査線を考える。それは、2つの近接する往復走査線に関連するサンプルを平均化し、新たなサンプルを2つの原走査線間の中途に位置するもう一つの走査線と関連付けることにより形成される。再度、簡単のため、2つの往復ビームは方位方向の移行以外は同一であると仮定する。同様に、有効な点広がり関数は、

この工程に以下のように関連付けることができる：

$$p_{tr_3}(u) = \frac{1}{2} [p_{tr}(u-u_{tr}/2) + p_{tr}(u+u_{tr}/2)] \quad (8)$$

ここで、 $u_r$  は往復走査線の間隔とする。

また、独立変数を正しく基準化すると、方位の点広がり関数は、フーリエ変換を通じて開口関数と関連することが周知である。よって式(5)は、以下のことを示す：

$$A_{tr}(x) = A_t(x) \cdot A_r(x) \quad (9)$$

ここで、 $A_t(x)$  は送信開口、 $A_r(x)$  は受信開口である。 $A_{tr}(x)$  は、いわゆる往復開口であり、 $x$  は開口に沿う座標位置を示す。

再度、第1のタイプの合成走査線を考える。式(6)は、以下のことを示す：

$$\begin{aligned} A_{tr_1}(x) &= A_t(x) \cdot \frac{1}{2} [A_r(x) e^{-j\pi u_r x / \lambda z} + A_r(x) e^{j\pi u_r x / \lambda z}] \\ &= A_t(x) \cdot A_r(x) \cos(\pi u_r x / \lambda z) \end{aligned} \quad (10)$$

同様に、第2のタイプの合成走査線は、式(7)により示される有効な開口と関連付けることができ：

$$\begin{aligned} A_{tr2}(x) &= A_r(x) \cdot \frac{1}{2} [A_t(x) e^{-j\pi u_t x / \lambda z} + A_t(x) e^{j\pi u_t x / \lambda z}] \quad (11) \\ &= A_r(x) \cdot A_t(x) \cos(\pi u_t x / \lambda z) \end{aligned}$$

最後に、第3のタイプの合成走査線は、式(8)により示される往復開口と関連付けることができ：

$$\begin{aligned} A_{tr3}(x) &= \frac{1}{2} [A_{tr}(x) e^{-j\pi u_{tr} x / \lambda z} + A_{tr}(x) e^{j\pi u_{tr} x / \lambda z}] \quad (12) \\ &= A_{tr}(x) \cos(\pi u_{tr} x / \lambda z) \end{aligned}$$

ここで、 $\lambda$ はキャリア周波数の波長であり、 $z$ は関心のある距離である。

式(10)から(12)には、2つの重要な特性がある。先ず第1に、そのように生成された合成走査線は操舵エラーを示さず、第1のタイプの合成走査線に関連する開口は、送信開口上にコサインアポダイゼーションを有し、第2のタイプの合成走査線に関連する開口は、受信開口上にコサインアポダイゼーションを有し、第3のタイプの合成走査線に関連する開口は、往復開口上にコサインアポダイゼーションを有する。第2に、それらのコサインアポダイゼーションは、以下の条件の時に厳格にポジティブである：

$$\begin{aligned} u_r &< \lambda z / 2x \\ u_t &< \lambda z / 2x \\ u_{tr} &< \lambda z / 2x \end{aligned} \quad (13)$$

当然、これらの不等式は、関連する開口が零でない重みを有する $x$ の値に当てはまる。また、不等式は独立であり、それは、一つには、送信及び受信開口が同一の距離を有することを必要としないことを意味する。これは、本発明の、より一般的な実施例のための他の計略を意味している。

#### IV. より一般的な実施例

超音波結像の当業者に周知のように、式(4)に示されるフィルタリング工程は、式(5)の点広がり関数に関連する有限開口のため、有効に像のフィールド

を帯域制限する。それは、周知のナイキストの標本化定理に従って像の完全な理論的再構成を許容する走査

線の間隔が存在することによる。例えば、距離  $z$  にフォーカスされ、有限幅  $X_t$  の活性状態の送信開口から生成された送信ビームは、対称のフィールドの適当な音波印加のための必要条件として、 $z \lambda / X_t$  より微小な間隔で配置されなければならない。ここで、 $z$  は送信走査線に沿った変換器アレイからの距離であり、 $\lambda$  はキャリア周波数の波長である。同様に、距離  $z$  にフォーカスされ、有限幅  $X_r$  の活性状態の受信開口から生成された受信ビームは、対象のフィールドの適当な標本化のための必要条件として、 $z \lambda / X_r$  より微小な間隔で配置されなければならない。最後に、ある者が、送信開口及び受信開口のたたみこみにより与えられる所謂往復開口を考えたとすれば、走査線の間隔に制約される第3の標本化間隔を有する。それらは、 $z \lambda / (X_t + X_r)$  より微小なサンプル間隔で配置されなければならない。対象のフィールドのロスの無い音波印加及び標本化を行い、開口及び選択された周波数において、関心のある距離で捕捉された全ての方位情報を保持するためには、それら3つの制約全てが満たされなければならない。式(13)は、本発明の好適な実施例に関する、これらの制約の代替的な提示である。

送信及び受信走査線の間隔については、固定された連系の要求は無く、その連係は、送信及び受信開口が独立に制御される場合には有益である。また、送信ビームと受信ビームとが結合される方法についての制約も無い。好適な実施例においては、送信ビームと受信ビームを以下の方法で結合することが有益である：(1)前述の幾何学的歪みを、特に医療用超音波の  $f$  値の低い結像のために、最小化し、(2)必要な計算及びメモリの要求を最小化し、データ捕捉順序を便利に活用する。しかし、これらの選択は、その方法の普遍性に対する制約であるとは解釈すべきでない。

#### A. 非整列の受信走査線を利用したサンプル合成方法

図1Aは走査の筋書を概念的に示すものであり、そこでは、送信走査線  $T_0$  及

び $T_2$ の周りの受信走査線間の間隔を、受信走査線 $R_{01}$ 及び $R_{21}$ が空間的に整列するように示されているが、これは要求されない。例えば、図3の如き構成も可能である。この例では、 $R_{01}$ 及び $R_{21}$ は空間的に整列してはいないが、それらはなお有益に平均化され、この例では、図示のように $L_1$ における受信走査線間の如き幾何学的歪みの無い走査線の中途点を有する。そのような構成は、捕捉されたビームの選択により大きな自由を与える。これは、受信及び送信開口が連係される必要がないことを考えると、大きな自由度である。しかし、結果として生じるこれら2つの合成走査線タイプの間隔は、常に、近接する送信走査線の間隔の半分であり、近接する受信走査線の間隔とは独立である。また、図3の合成走査線は、合成開口走査により捕捉することができる。

#### B. 2以上の別個の受信ビームを使用するサンプル合成方法

第1及び第2のタイプの合成走査線の一方又は双方に適用可能な、好適な実施例のもう一つの一般化は、別個の2以上の受信走査ビームからのサンプルを使用し、合成走査線上に新たなサンプルを合成することである。実際、好適な実施例の一部として、3タップの方位フィルタを使用することは、間接的にこの結果を達成する。なぜなら、3つの重みは、別個の6個の受信ビームからのサンプルを使用して生成された3個の合成走査線上のサンプルを含むからである。より一般的なアプローチは、式(13)により与えられるようなナイキスト間隔で配置されたより多数の区別された受信ビームを使用することにより、合成走査線を任意の精度で補間することが可能であるとの認識により誘導される。

#### C. 複数の同時送信／受信ビームを使用するサンプル合成方法

好適な実施例の更にもう一つの一般化は、1以上の同時に励起される送信ビーム、及び／又は、2以上の同時に捕捉される受信ビームを使用することである。本発明の合成線走査は、別個の受信ビームの重み付けされた干渉性加算、及び／又は、上述の他の結合であり、それら各々は、1以上の送信ビームと関連付けられて、非常に多数の別個の送信－受信組を形成する。これは、以下のように、式(9)に基づく重み付け干渉性加算を使用することにより一般化することができる：



$$A_{cr}(x) = \sum_{n=0}^{N-1} a_n [A_{r_n}(x) e^{j2\pi k_n x} + A_{r_n}(x) e^{j2\pi i_n x}] \quad (14)$$

式(14)においては、概念的開口 $A_{cr}(x)$ と関連付け可能な合成走査線の生成に伴う、 $N$ 個の別個の送信-受信組が存在する。同様に、 $N$ 個の重み係数 $a_n$ が存在するが、加算における別個の受信ビームの数と同じ数の別個の係数のみが存在することが可能である。また、式(14)は、加算される走査線に関連する別個の送信及び受信アポダイゼーションを含めることにより好適な実施例を一般化する。送信及び受信位相の傾斜、 $k_n$ 及び $i_n$ は、送信及び受信走査線の間隔に起因する位相シフトを考慮している。ナイキストの定理の如き標本化定理は対象フィールドの損失の無い標本化のために必要な最小標本化間隔を指示するが、合成走査線を形成するためには、この標本化密度を達成することは必ずしも必要ではない。ある程度のアンダーサンプリングが、特にそれが視野全体に渡る、より高速な走査をもたらす場合には、許容される条件が存在する。

好適な実施例に含まれる、第1、第2及び第3のタイプの合成走

査線は、式(14)の特別な場合であり、位相補正、合成開口走査、及び、方位フィルタリングを伴うそれらの合成走査線を含んでいる。また、式(14)は合成走査線に付随する根本的な原理の単純な解釈を示唆している：個々の合成干渉性サンプルは開口と関連付けることができ、その開口は、成分のサンプルの捕捉に伴う、コンボルブされた送信及び受信開口の重み付けされた重ね合わせである。

#### D. 近接補間、六方標本化、その他の手法を使用するサンプル合成方法

上述の方法は、1次元の(方位又は距離が独立に採用される)処理及び分析的手法による。それらの手法には、2次元又は3次元の処理及び分析的手法を利用する拡張があり、その処理及び分析手法は当業者に既知である。そのような手法は、例えば、Dudgeon及びMersereau、Prentice-Hall、1984の、「多次元信号処理」に記載されている。それらは、以下に示すように、六方標本化、及び、2次元及び3次元の補間及び補外手法を含んでおり、その手法により、同一でない距離に位置する捕捉されたサンプルから、例えば、第1、第2及び第3のタイ

ブの合成サンプルを生成することが可能である。また、そのような手法は、新たなタイプの合成サンプルを生成すること、特に、3次元の結像へ高めることを許容する。

2次元及び3次元の結像のための方法の一つの代替的实施例は、サンプルの生成を通じてサンプルの密度を増加することを含み、生成されるサンプルは、距離方向にも方位方向にも整列したものでなく、これらの方向に両方に対してある角度を有する。従って、データのフィールドを使用すると、図9Aのリニア走査フォーマットのために示されるように、距離又は方位方向以外の方向に上述のあらゆる補間及び／又は補外手法を利用して追加のサンプルを合成する

ことができる。図9Aの例Iは4個の合成サンプルを選択しており、これらは距離及び方位方向に角度を有するように整列されている。これら4個のサンプルを補間手法を使用して結合して、新たな合成サンプルを生成することができる。例IIは、4個の捕捉されたサンプルがそれら4個の間の合成サンプルの補間に使用されることを除き、例Iと類似する。例IIIは、上記と類似するが、捕捉され及び／又は合成されたサンプルの近傍を利用し、それらから、例えば補間により追加の合成サンプルを生成する。

近傍は、2次元結像については距離及び方位双方への広がりをも有し、3次元結像については、距離、方位及び高度（距離及び方位の両方に垂直）への広がりをも有する空間である。

例IIIにおいては、合成サンプルは、近傍に位置する、(1)捕捉サンプルのみ、若しくは、(2)他の合成サンプルのみ、若しくは、(3)捕捉サンプル及び合成サンプルの両方を使用して生成することができ、近傍は2次元又は3次元に配置されている。3次元の近傍は、例えば、図9Aに示す2つの平行なアレイにより生成することができ、アレイ1及びアレイ2の面内にサンプルを捕獲する。

サンプル密度を増加させる方法の別の実施例は、六方標本化によるものである。2次元の六方標本化手法は、例えば、図9Bにさらに示される図2の実施例と共に使用することが可能である。六方標本化を使用すると、受信走査線の間隔が約14%大きくなるので、目標が約14%早く走査できる。補間及び／又は補外

手法により、六方走査手法（図9Bの例I）により収集された捕捉サンプルを使用して合成サンプルを生成することができ、その結果、捕捉及び合成サンプルの密度は、図9Aに示す非六方手法と同様になるが、より速い速度で得られる。

この方法のさらに別の実施例は、3次元の像を2次元アレイを使

用して走査することを含む。第1及び第2のタイプの合成サンプルの使用が2次元の像の視野を走査するのに要する時間を半分にすると同じように、同様の処理の使用は3次元の像の視野を走査するのに要する時間を4分の1にする。この実施例においては、送信走査線の密度は、矩形のグリッド上で、方位及び高度の方向に、係数2により減じられ、個々の送信励起に、例えば、8個の受信ビーム上のデータが後続する。これら8個の受信ビームは、8個の受信走査線に整列し、また、同様に矩形のグリッド上で、個々の送信走査線に対して対称に向けられる。2次元の場合と同様に、合成走査線上の干渉性サンプルは、別個の受信ビームからのサンプルを結合することにより生成される。また、送信走査線を六方標本化のために配向することができ（矩形のグリッド上ではなく）、それは、より大きな走査線の間隔を許容し、視野を走査するのに要する時間をさらに短くする。合成開口の導入及び複数の送信ビームの使用を含む、3次元走査の方法の他の拡張は、当業者に理解される。

#### E. 走査変換手法を利用するサンプル合成方法

好適な実施例の連続的処理が図8Aに示される。その実施例は、連続的に、まず、受信走査線に整列した1以上の受信ビーム上に超音波信号の干渉性サンプルを捕捉することを含む。これが達成されると、次に、上記の手法を使用して、合成走査線上に合成サンプルが生成される。これは、第1、第2、第3及び第4のタイプの合成サンプルを含む。これらのサンプルは全て干渉性を有する。合成サンプルの生成に続いて、合成サンプル、及び、希望されれば捕捉サンプルが、非干渉的工程により検出される。検出に続いて、映像表示のために適当なフォーマットのデータとするために、サンプルは走査変換される。最後に、データは、可視的な像として表示される。

走査変換は既知の手法であり、例えば、セクタ走査フォーマット（図6A）に関連する第1の座標系から、ラスト映像表示に関連する第2の座標系へのデータ変換に含まれる。例としてのみ挙げると、以下の論文及び特許は走査変換を達成する方法を記載している：

Steven C. Leavitt, Bary F. Hunt, Hugh G. LarsenのHewlett-Packard Journal, October 1983, vol.34, No.10, pgs.30-34, 「超音波像の表示のための走査変換アルゴリズム」、

米国特許No. 4,191,957、「極記録フォーマットを使用し、回転場面からレーダーデータを処理する方法」、1980年5月4日発行、発明者、Jack L. Walker, Walter G. Carrara、

米国特許No. 5,318,033、「位相アレイ結像システムのフレームレート及び解像度を増加する装置及び方法」、1994年6月7日発行、発明者、Bernard J. Savord。

図8Bは、合成サンプルを生成する代替実施例を示す。図8Bにおいて、合成走査線上に干渉性サンプルが生成された後、合成サンプル、及び、希望されれば捕捉サンプルが、検出の前に干渉性手法により変換される。走査変換後、検出工程において非干渉性処理により検出され、その後表示される。

図8Cに示す本発明のさらに他の実施例によれば、捕捉サンプルが干渉性手法により走査変換される。その後、走査変換された合成サンプルが種々のタイプの合成標本化手法により生成される。合成サンプル、及び、希望されれば原走査変換サンプルは、その後非干渉的に検出され、視覚的に表示される。図8B及び8Cの実施例に関しては、走査変換及び合成サンプル生成は同時の処理で生じることができることが理解される。従って、例えば、走査変換の際には、サンプルを1の座標系から他の座標系に移動するのみならず、変換中に追加のサンプルを生成し、サンプル密度を増加さ

せることもできる。

#### V. 干渉性サンプルの合成装置

図4Aは、本発明とともに使用可能な多くの超音波ビーム生成器の一例である

。このシステムは以下に記載され、また、上述の係属中の出願にも記載され、それらの出願は本出願の譲受人に譲渡され、ここに参考文献として挙げておく。図4Aは、位相アレイ結像システムのビーム生成素子のブロック図である。代替的なビーム生成器の例は、上記のO'Donnellの米国特許No. 4,886,069に記載されており、それはデジタル信号のベースバンド処理を利用する。例としてのみ挙げると、本発明で使用可能な追加のビーム生成器は、以下の米国特許に記載されたシステムを含む：

米国特許番号	タイトル	発明者
4,809,184	位相アレイ干渉結像装置の完全なデジタルビーム形成方法及び装置	Matthew O'Donnell Mark Magrane
4,839,652	高速デジタル位相アレイ干渉結像システム	Matthew O'Donnell William E. Engeler Thomas L. Vogelsong Steven G. Karr Sharbel E. Noujain
4,983,970	デジタル位相アレイ結像装置及び方法	Matthew O'Donnell William E. Engeler John J. Bloomer John t. Pedicone
5,005,419	干渉結像システムの装置及び方法	Matthew O'Donnell Kenneth B. Welles, II  Carl R. Crawford Norbert J. Plec Steven G. Karr

好適な実施例はデジタル受信ビーム生成器を使用し、そこにおいては、個々の活性素子、例えば、変換器アレイのXCDR J (図4A)からの戻りエコーに対応する電気信号が、個々のチャンネルに関連するアナログーデジタル変換器13により、Nチャンネルの各々において同時にデジタル化されるが、本発明は、他の構成に対しても同様に組み込むことができる。しかし、図1A、1B-1、及び、1B-2の実施例を支持する構成は、送信ビーム毎に2つの受信ビ

ームを同時に捕捉する能力を支持する必要がある。根本的な要求は、例えば図4 Aに2 a及び2 bに指定され、好適にはデジタルの形態である、個々の別個の受信ビームに関連する信号の干渉性表示を捕捉し、記憶する手段が存在することである。複数のビームを捕捉するための、デジタルでなくアナログのビーム生成器を有する他のビーム生成器は、デジタイザの追加により干渉性の出力信号を捕獲するように変形することができ、それゆえここに示される発明に適切なものとしてすることができる。

図4 Aの変換器アレイ1は、非常に多くの素子XDCR 1-XDCRNを備え、それらの数は128又はそれ以上である。

図4 Aに示すビーム生成素子は1チャンネルについて示されている。図4 Aに示される他の全てのチャンネルも同様である。デマルチプレクサ3、マルチプレクサ4、加算器16、及び、中央制御ブロック18及び19は、全てのチャンネルに関連する。

デジタル送信ビーム生成器の個々のチャンネルは、送信フィルタ5、デジタル変調器6、及び、ディレイ／フィルタ7により構成される。送信フィルタ5は、送信すべきパルスの複素エンベロー

プを示すようにプログラムされる。デジタル変調器6は、複素エンベロープを送信周波数にアップコンバートし、適当な位相及びアポダイゼーションを提供する。ディレイ／フィルタ7は、スプリアスレスポンスを抑制するため、フォーカス及びフィルタリングのディレイの大きさを提供する。

個々のチャンネルの送信器は、デジタルアナログ変換器(DAC)8、及び、送信アンプ9を備える。DAC8は、送信波形のデジタル信号をアナログ信号に変換する。送信アンプ9は、送信パワーレベルを設定し、高電圧パルスを生じて、送信ビームの生成のために変換器アレイ1の接続された素子を駆動する。パルスは、送信デマルチプレクサ3を通じて、接続された変換器素子への経路が定められている。合成開口走査を支持するため、個々の送信アンプ9はアレイ内の1以上の素子に接続することができる。

個々のチャンネルの受信器は、受信アンプ12により実行され、その受信アン

ブ12は変換器アレイ1の1の素子からの信号を増幅し、それをアナログーデジタル変換器(ADC)13へ供給する。選択される素子への接続は受信マルチプレクサ4により行われ、それは同様に受信のための1以上の素子を選択し、合成開口走査を支持する。ADC13は、個々の受信信号をデジタル表示に変換し、その出力はデジタル受信ビーム生成器に送られる。

デジタル受信ビーム生成器の個々のチャンネルは、フィルタ/ディレイ14及びデジタル復調器15を備える。フィルタ/ディレイ14は、スプリアスレスポンスの抑制とフォーカスのための遅延を提供する。デジタル復調器15は、位相制御、アボダイゼーション、及びベースバンドへの回転を提供する。複数の受信ビームを生成する能力は、フィルタ/ディレイ14及びデジタル復調器15により実行される。これらの処理素子は、サンプル毎に時分割

多重され、1の入力信号から2の出力信号(2つの受信ビーム夫々の上の信号に対応する)を計算する。2つの出力信号はこのようにサンプル毎に時間的にインターリーブされ、そこでは個々のサンプルはIとQの組である。そのような時分割多重は、例えば、4、6、8、その他の受信ビームに関連する2、3、4、その他の送信ビームの信号処理を達成する。

受信ビームを生成するための残りの信号処理は、デジタル加算器16及び受信フィルタ17により提供される。加算器16は、同様に処理された受信信号を加算し、その受信信号は同様にインターリーブされ、変換器アレイの他の素子に接続された全てのチャンネルから提供されるものである。受信フィルタ17は、個々の捕捉ビームに関連し、時間的にインターリーブされた信号の表示を処理するように組織され、これらの信号のプログラム可能な受信応答整形を提供する。

上述の実施例については、17aにおける受信フィルタ17の出力は、上記のように、単一の信号送信励起に起因し、空間的に別個の受信ビームに関連する干渉性サンプルを含む。捕捉ビームの組に関連する、時間的にインターリーブされた信号の表示は、以下のようである：

$$\begin{array}{l}
 I_{n,k} \\
 Q_{n,k} \\
 I_{n+1,k} \\
 Q_{n+1,k} \\
 I_{n,k+1} \\
 Q_{n,k+1} \\
 I_{n+1,k+1} \\
 Q_{n+1,k+1} \\
 \vdots \\
 \vdots
 \end{array}
 \quad (15)$$

ここで、添字  $n$  は別個の受信ビームを示し、添字  $k$  はサンプルが採取された、別個の距離を示す。

ビーム生成の制御機能は、2つの中央制御ブロックに模式的に示される。ブロック18においては、捕捉プロセッサはシステムの他の部分と通信し、高レベルの制御とフレームパラメータのダウンロードとを提供する。フォーカスプロセッサは、送信及び受信ビーム生成器に必要な動的遅延及びアポダイゼーション値を計算し、デジタル受信ビーム生成器を制御して2つの同時受信ビームを生成する。

制御ブロック19は、前置制御機能を模式的に示す。それは、送信及び受信アンテナ9及び12のための利得及びバイアスレベルを設定する。周波数発生器は、ADC13及びDAC8の標本化クロックを含む全ての必要なクロック、及び、他のデジタル回路のためのクロックを提供する。また、制御ブロック19は、合成開口走査のために前置マルチプレクサ4を配置する。

線路17a上の信号の、線に依存し、及び、距離に依存する位相補正は、図4B-1に示す位相整列器20により行われる。1つの実施例では、補正データは予め計算され、位相整列器の制御部23の補正データメモリ21に記憶される。補正データは、デジタル受信ビーム生成器によりデータが供給されるのと同じ時間的にインターリーブされた順序で、補正データメモリ21から読み出され、別個の受信ビームに関連するデータの補正に適用される。複素マルチプレクサ22により行われた計算は、個々の複素サンプルの相回転を生じ、そこでは、個々のサンプルは複素数で示され、その複素数中、 $I$  は実部であり、 $Q$  は虚部である。位相補正  $\theta$  については、位相整列器20の出力の実部は  $I \cdot \cos \theta - Q \cdot \sin$



$\theta$  であり、虚部は  $Q \cdot \cos \theta + I \cdot \sin \theta$  である。

図10に示される、位相整列器R-252、及び、そのベースバンドプロセッサ制御部C-270内の制御は、以下のものである。ここに記されるように、位相整列器R-252及びその制御部は、(1)線間アポダイゼーション変動、走査幾何学形状、及び、非整列の実効送信及び受信原点に起因する位相差を補正するために必要な、走査線に依存し、及び、距離に依存する信号位相調整、(2)走査線毎の異なる送信周波数に起因する位相差を補正するための、信号の再変調(周波数整列)、(3)走査線毎の利得調節、に備えるものである。送信及び受信ビーム生成において、走査線間の調整可能周波数モードを使用する利点は、グリッドのロープの減少である。

位相整列器R-252の複素マルチプレクサR-254は、図4B-1について説明した複素マルチプレクサ22と実質的に同一である。

位相整列器は、ベースバンドプロセッサ制御部C-270(図10)に含まれる制御機能を含む。ベースバンドプロセッサ制御部C-270では、走査線間又はビーム間利得調整値、及び、位相調整値は、時間的にインターリーブされた態様で生成される。上述のように、位相補正及び調整値は、以下のものを含む位相項の和である：(1)走査線間アポダイゼーション変動による位相差を補正するために必要な位相調整項、及び、非整列実効送信及び受信原点(走査線間に依存し、及び、距離に依存する位相調整項)を生じる走査幾何形状、(2)個々のラインが共通のキャリア周波数を使用したにも拘わらず、信号の再変調に必要な位相項。ここに説明されるように、周波数計測因子及び周波数副尺因子を使用すると、個々のビームは異なるキャリア周波数を有する。従って、位相整列器は、ビーム間の再変調を提供し、その結果、全てのビームがキャリア周波数

の変動に対して調整される。

動作においては、走査フォーマット幾何パラメータ、散在する走査線利得及び遅延値、補間定数及び非整数間引き係数を含むソースデータセットは、中央制御部C-104からベースバンドプロセッサ制御部C-270へダウンロードされ

る。加えて、中央制御部C-104の周波数輪郭生成器内で使用される周波数パラメータは、ベースバンドプロセッサ制御部C-270へダウンロードされる。

図10のベースバンドプロセッサ制御部C-270は、利得及び位相RAMC-280、中央制御部C-104から予め計算され記憶されたライン補間係数( $\alpha_{line}$ )を供給されるライン補間器C-282、及び、距離アキュムレータC-286を有する距離補間器C-284を備え、その距離アキュムレータは有理間引き係数 $L/M$ 及び位相ゾーン幅を供給され、それら両方の値は中央制御部C-104により予め計算され、記憶されている。

代替的に、距離補間／補外器C-284は、プログラム可能な補間／補外係数を供給され、それらは、例えば、(1) 予め計算されて中央制御に記憶され、又は、中央制御により計算され、若しくは、(2) 係数発生器によりベースバンドプロセッサ制御部C-270内で計算されたもののいずれかである。

ベースバンドプロセッサ制御部C-270は、再変調周波数プロセッサC-292を有し、それは好適には二重位相アキュムレータとして実行される。二重位相アキュムレータは、位相調整値を計算して線間周波数差を補正し、それにより、全ての走査線に渡って共通のキャリア周波数が使用されているにも拘わらず、信号を再変調する。

中央制御部C-104からは、走査線間の周波数差(デルタ周波数値)を示す、予め計算され、予め記憶された値が、再変調周波数

プロセッサC-292へ送られる。これらの周波数差値は、周波数及び周波数傾斜に基づく。従って、走査線間の周波数差及び経時的な周波数輪郭の変化率の差は、2つの走査線のための中央制御部から、ベースバンドプロセッサ制御部C-270へダウンロードされる。これらの値は、捕捉プロセッサC-130により、記憶されたパラメータに基づいて、かつ、現在使用されている特定の有理変換係数 $L/M$ と独立に計算される。プロセッサC-292の第1アキュムレータは、走査線間の周波数輪郭の経時的な変化率を累積し、第2のアキュムレータは、走査線間の経時的な周波数差を累積する。経時的な周波数輪郭の変化率に差が無ければ、第1アキュムレータは何も動作を行わない。走査線間の周波数の

変化率に差が無ければ、第2アキュムレータのみが経時的な周波数差を蓄積し、調整的再変調位相値を生じる。

走査線間アポダイゼーション変動による位相調整、非整列の送信及び受信原点を生じる走査幾何形状、及び、信号を実行的な共通キャリア周波数に再変調することによる位相調整は、加算器C-288において加算され、その加算された位相値はその後ルックアップテーブルC-290において、サイン及びコサイン表示に変換される。ルックアップテーブルC-290の機能の一部として、利得にサイン及びコサイン表示が乗算される。この値は、複素マルチプレクサR-252に供給される。

本発明の視野内において、ベースバンドプロセッサ制御の他の実施例が可能であることが理解される。

上述のように、位相整列器R-252は、干渉性信号とサンプルの関係が走査線間で維持されることを確実にする。戻り信号のサンプルが線間で位相及び振幅について補正されるように、十分な情報が記憶され、保存され、又は、維持された場合、ビームからの信号

の送信サンプル、及び、エコー又は受信サンプルは、干渉性を有すると定義される。基準に対して十分な情報が維持される限り、実際に位相及び振幅の補正を行う工程が開始されていることは必要ではない。

信号サンプルが干渉的に処理される場合、処理は十分な情報を維持し続け、後の時間において位相及び振幅の補正を実行する。2以上のサンプルが干渉的に処理される場合（例えば、干渉的に加算される）、位相及び振幅の整列に必要な位相及び振幅の補正は、それ以前に実行されていなければならない。

位相整列器20又はR-252の如き位相整列器の出力は、依然として、2つの空間的に別個の受信ビームに関連する干渉データを含む時間的にインターリーブされたフォーマットの状態で、開口／ライン合成器25に供給される。システムが合成開口モードで動作していない場合、又は、データが、合成開口モードのための複数の送信励起の第1に関連する場合、そのデータは、変更なく合成開口加算器26を通過し、ラインメモリ27に記憶される。第1送信励起後の、合成

開口モードのための複数の送信励起に関連する入力データは、サンプル毎に、ラインメモリ27からの対応するデータと加算される。これらの対応するデータは、入力データとして、同一の2つの空間的に別個の受信ビームに関連する干渉データを含み、時間的にインターリーブされたフォーマットである。

合成開口加算器26の出力は、それゆえ、同一の2つの空間的に別個の受信ビームに関連し、複数の送信励起に渡って累積された干渉データを含み、時間的にインターリーブされたフォーマットである。

合成開口加算器26の出力は、デュアルライン合成器28の入力へ与えられる。システムが合成開口モードで動作していない場合、

デュアルライン合成器28は、SA I/Q出力バス29に接続された入力全てのデータを処理することが可能である。そうでない場合、デュアルライン合成器28は、合成開口加算器26の出力が、合成開口励起シーケンスの最後の送信励起に続く加算に関連する場合にのみ、それらのデータを処理することが可能となる。

デュアルライン合成器28は線路55を通じてコントローラ554により制御され、2つの処理機能を実行する。第1に、それは本発明の1以上の好適な実施例に従って、組になった形態の別個の受信ビームの干渉性サンプルを平均化する。第2に、それは、3タップフィルタを用いて、干渉性サンプルを方位においてフィルタリングする。これらの処理機能は、いずれの順序においても、また、組み合わせ及び／又は同時の手法によっても実行することができる。

上記の2つの処理機能は、好適な実施例においては、上記の2つのより単純なフィルタのたたみこみと等価な4タップフィルタを使用して実行される。この4タップフィルタは、例えば、タップ係数[1、3、3、1]により特徴付けられる。デュアルライン合成器28における処理は、その出力における干渉データが、デジタルビーム生成器の出力と同一の時間的にインターリーブされたフォーマットとなるように組織化される。しかし、デュアルライン合成器28の出力33における干渉データは2つの空間的に別個の合成走査線（各々、受信及び送信走査線から空間的に別個の）に関連するのに対し、デジタルビーム生成器の出

力17aは2つの空間的に別個の受信走査線と関連する。

特定の実施例において、この機能を実行する手段が、図5に詳細に示される。この特定の実施例において、2つの合成走査線のサンプルを計算するために、5つの受信走査線からの対応するサンプルを使用する処理が行われる。これら5つのうち、2つは合成開口加

算器26から29において供給され、残りの3つはラインメモリ27から30において供給される。このように、メモリは、加算回路より高いレートで動作する。なぜなら、開口／ライン合成器25に入力され、出力される個々の2ライン毎に、2つの走査線を記憶し、3つの走査線（又は、合成開口走査を行う場合は5つの走査線）にアクセスしなければならないからである。このレート差により、デュアルライン合成器28の3つの入力段は、メモリI/Oバスの30に現れるI及びQサンプルを記憶する保持レジスタ31を有する。加算器32及び2を乗算する乗算器は、タップ係数[1、3、3、1]の4タップフィルタを実行するアレイを形成する。入力データ及び制御は、出力データシーケンスを実行するように組織化され、そのシーケンスは、この重みベクトルの内積のシーケンスとして、及び、以下に示される入力データベクトルのシーケンスとして示される：

$$\begin{aligned}
 & [I_{n-4} \ I_{n-3} \ I_{n-2} \ I_{n-1}]_k \\
 & [Q_{n-4} \ Q_{n-3} \ Q_{n-2} \ Q_{n-1}]_k \\
 & [I_{n-3} \ I_{n-2} \ I_{n-1} \ I_n]_k \\
 & [Q_{n-3} \ Q_{n-2} \ Q_{n-1} \ Q_n]_k \\
 & [I_{n-4} \ I_{n-3} \ I_{n-2} \ I_{n-1}]_{k+1} \\
 & [Q_{n-4} \ Q_{n-3} \ Q_{n-2} \ Q_{n-1}]_{k+1} \\
 & [I_{n-3} \ I_{n-2} \ I_{n-1} \ I_n]_{k+1} \\
 & [Q_{n-3} \ Q_{n-2} \ Q_{n-1} \ Q_n]_{k+1} \\
 & \vdots
 \end{aligned} \tag{16}$$

以前の場合と同様に、添字nは別個の受信走査線を示し、添字kはサンプルが採取された別個の距離を示す。これらのデータは、3ビット分の位置だけ右にシフトされ、デュアルライン合成器28の出力33において最後の8による除算を実行する。

開口／ライン合成器25の出力33は、1又は2のタイプの合成ラインにより構成される。その方法において、先行し、同時に行われ、又は、後続する他の工

程は、方位方向の補間（図4B-2）に

よる追加の干渉性像サンプルの合成（これらのステップは先行する検出であるの）であり、例としてのみ挙げれば、前述のあらゆる手法を使用する。好適な実施例においては、4つの近接する合成走査線の各々に関連するI及びQのサンプルは、その4つの中心に位置し、同様にI及びQで示される新たな合成走査線上の補間に使用される。好適な実施例では、2つの選択可能なフィルタの内の1つが使用され、一方のタップ係数は[0、.5、.5、0]であり、他方のタップ係数は[-.064、.564、.564、-.064]である。この工程は方位方向のサンプル密度を倍増し、後続の映像表示のための非線形検出による歪み及びアーチファクトを最小化する。

方位／距離補間器40に与えられる第1及び第2のタイプの合成サンプルは、合成ラインメモリ41に記憶される。そのデータは合成ラインメモリ41から検索され、方位保持レジスタ42に記憶され、そのレジスタの機能は、データを再整理し、それを方位補間フィルタ43へ以下のシーケンスで与えることである：

$$\begin{array}{l}
 [I_{n-3} \ I_{n-2} \ I_{n-1} \ I_n]_k \\
 [Q_{n-3} \ Q_{n-2} \ Q_{n-1} \ Q_n]_k \\
 [I_{n-3} \ I_{n-2} \ I_{n-1} \ I_n]_{k+1} \\
 [Q_{n-3} \ Q_{n-2} \ Q_{n-1} \ Q_n]_{k+1} \\
 [I_{n-3} \ I_{n-2} \ I_{n-1} \ I_n]_{k+2} \\
 [Q_{n-3} \ Q_{n-2} \ Q_{n-1} \ Q_n]_{k+2} \\
 [I_{n-3} \ I_{n-2} \ I_{n-1} \ I_n]_{k+3} \\
 [Q_{n-3} \ Q_{n-2} \ Q_{n-1} \ Q_n]_{k+3} \\
 \vdots \\
 \vdots
 \end{array}
 \tag{17}$$

ここで、添字nは別個の合成走査線を示し、添字kはサンプルが採取された別個の距離を示す。ブロック43の方位補間フィルタは4タップのフィルタであり、その出力は、第1及び第2のタイプ（サンプルが無変化で通過した場合）、及び／又は、第3のタイプ（補

間フィルタリングが施された場合）の合成走査線のサンプルを含む。ブロック43の方位補間フィルタの出力は、同時刻の2つの合成走査線のデータを含み、以下のように組織化される：

$$\begin{array}{l}
 I_{n-2,k} \\
 Q_{n-2,k} \\
 I_{n-1.5,k} \\
 Q_{n-1.5,k} \\
 I_{n-2,k+1} \\
 Q_{n-2,k+1} \\
 I_{n-1.5,k+1} \\
 Q_{n-1.5,k+1} \\
 \vdots \\
 \vdots
 \end{array}
 \quad (18)$$

ここで、分数の添字  $n$  は、第3のタイプの合成走査線を計数するために導入されている。以前と同様に、添字  $k$  はサンプルが採取された別個の距離を示す。

好適な実施例におけるさらに別の工程は、合成走査線、及び／又は、送信又は受信走査線上に、距離の補間によって追加の干渉性像サンプルを合成することである。好適な実施例においては、個々の合成走査線上の4つの近接するサンプル各々は、それらの中心に位置し、同様に  $I$  及び  $Q$  で示される新たな干渉性サンプルの補間に使用され、使用可能な補間フィルタのタップ係数は上述のものと同一である。この工程も、今度は距離において、干渉像のサンプル密度を倍増させる。

検出に先行する、距離補間の最終工程は、距離保持レジスタ44及びブロック45の距離補間フィルタにより実行される。距離保持レジスタ44は、入力データを再整列し、以下のように距離補間フィルタへ与える：

$$\begin{array}{l}
 [I_{k-4} \ I_{k-3} \ I_{k-2} \ I_{k-1}]_{n-2} \\
 [Q_{k-4} \ Q_{k-3} \ Q_{k-2} \ Q_{k-1}]_{n-2} \\
 [I_{k-4} \ I_{k-3} \ I_{k-2} \ I_{k-1}]_{n-1.5} \\
 [Q_{k-4} \ Q_{k-3} \ Q_{k-2} \ Q_{k-1}]_{n-1.5} \\
 [I_{k-3} \ I_{k-2} \ I_{k-1} \ I_k]_{n-2} \\
 [Q_{k-3} \ Q_{k-2} \ Q_{k-1} \ Q_k]_{n-2} \\
 [I_{k-3} \ I_{k-2} \ I_{k-1} \ I_k]_{n-1.5} \\
 [Q_{k-3} \ Q_{k-2} \ Q_{k-1} \ Q_k]_{n-1.5} \\
 \vdots \\
 \vdots
 \end{array}
 \quad (19)$$

ブロック45の距離補間フィルタは、4タップフィルタであり、好適な実施例においては、ブロック43の方位補間フィルタと構成において同一である。その出力におけるデータサンプルのシーケンスは、以下のように距離においてより密に標本化されている点を除いて、方位補間フィルタの出力におけるそれと類似し

ている：

$$\begin{array}{l}
 I_{n-2,k-3} \\
 Q_{n-2,k-3} \\
 I_{n-1.5,k-3} \\
 Q_{n-1.5,k-3} \\
 I_{n-2,k-2.5} \\
 Q_{n-2,k-2.5} \\
 I_{n-1.5,k-2.5} \\
 Q_{n-1.5,k-2.5} \\
 \vdots \\
 \vdots
 \end{array}
 \quad (20)$$

上記の補間処理に続いて、全ての合成走査線についての干渉性 I 及び Q ベースバンド信号は、全て従来から既知である、51における走査変換、並びに、52における表示、及び／又は、53における記録の前に、50において振幅検出され、対数圧縮される。

好適な実施例においては、開口／ライン合成器は、走査フォーマットのために、第3及び／又は第4の合成サンプルのみを使用して、回避することができる。

代替的には、図4Cに示すように、近接補間／補外手法を、2次元及び3次元のデータフィールドに使用し、より密な2次元及び3次元データフィールドを出力することができる。この処理のための入力データは収集され、近接保持レジスタ56に記憶され、近接補間／補外処理が好適にはブロック57のフィルタを使用して実行される。これらの近接手法は、変動する距離において干渉性サンプルを処理するために使用される。

これらの近接手法は、図4Cに示すようにそれら自身により使用でき、または、その代わりに、第1、第2、第3及び／又は第4のタイプの合成サンプルを生成するための先行するあらゆる手法との組み合わせにおいて使用することができる。

さらに、他の実施例においては、補外手法を単独で、又は、上述の補間手法と組み合わせて使用することができる。

更に他の実施例においては、合成干渉性サンプルに加えて、捕捉サンプルに対しても検出を行うことができる。

## VI. 超音波結像における他のフォーマットとの互換性



開示された本方法及び装置は、Bモードのほとんどの超音波結像フォーマットと一般的な互換性を有する。本発明の使用においてはダイナミックフォーカス及びダイナミックアポダイゼーションは厳密には要求されないが、それらは本発明の価値を顕著に高める。開示された方法及び装置は、 $N \times 1$ の1次元変換器アレイとして記載したが、 $N \times N$ 、又は、 $N \times M$ の素子の2次元アレイとして有利に拡張することができる。

従って、本発明は、合成サンプルを生成し、かつ、幾何学的歪みを補正することを通じて、データサンプルのフィールドを増加させ、フレームレートを増加させて映像を向上させることができる。サン

ブルフィールド密度は、線形及び／又は非線形の補間及び／又は補外手法により増加させることができる。

上述の全ての実施例は、2次元及び3次元の結像両方において、送信励起の数を増加することなく、フィールド内のサンプル密度を増加させることができる。

本発明のその他の観点及び目的は、請求の範囲及び図面の再検討により得られる。

本発明の他の実施例も作成することができ、請求の範囲の精神及び視野に属することが理解される。

【図1】

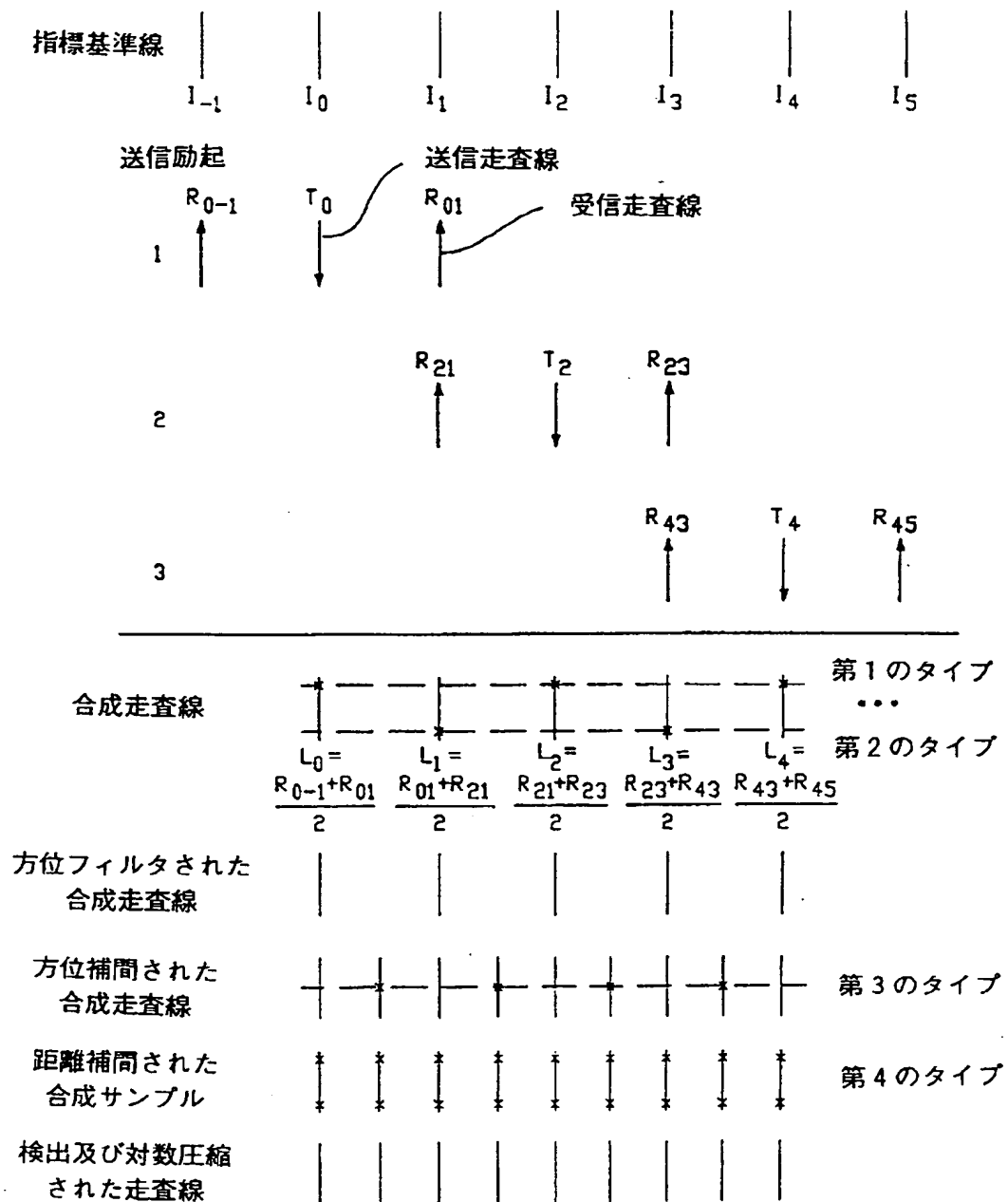


図-1 A

【図 1】

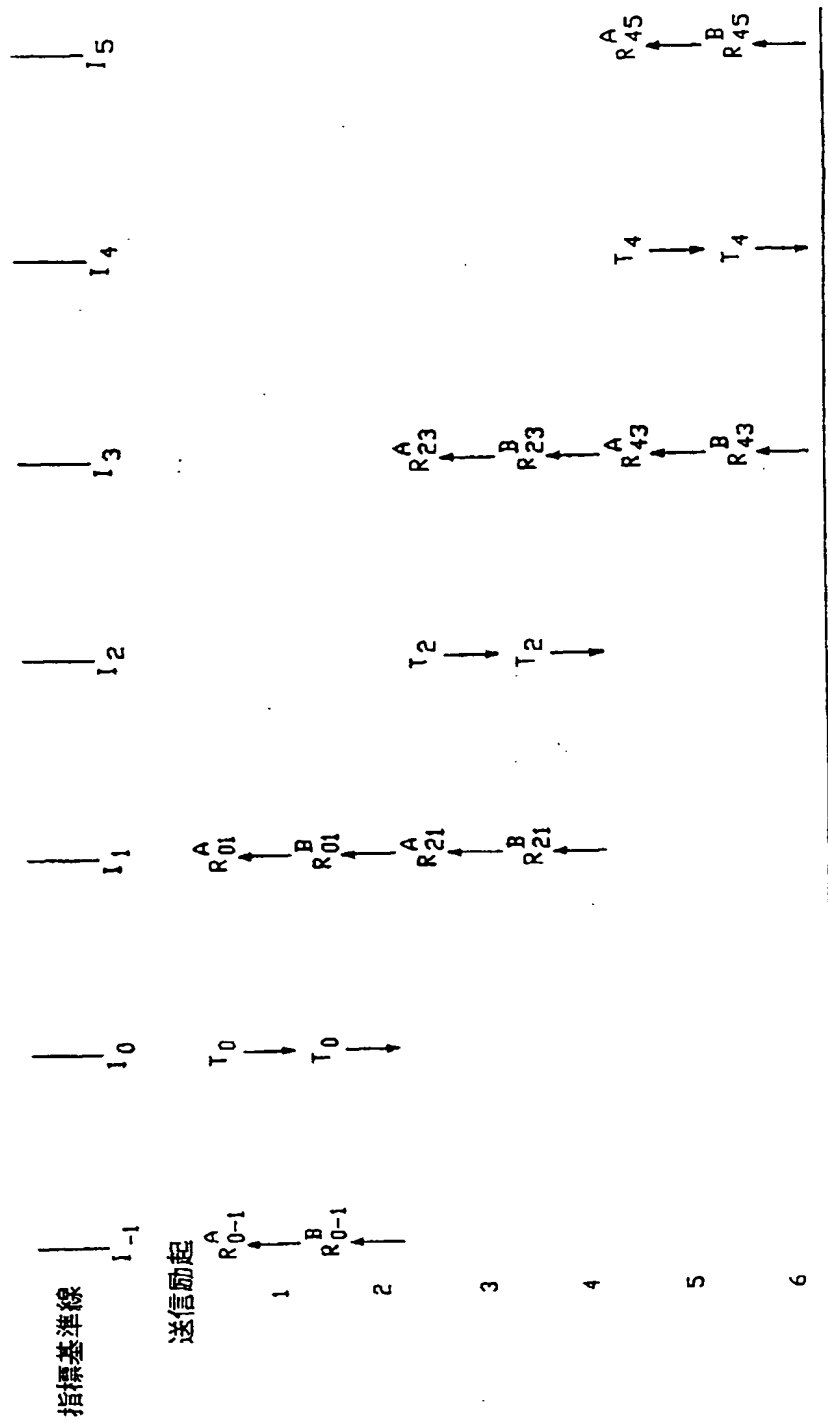
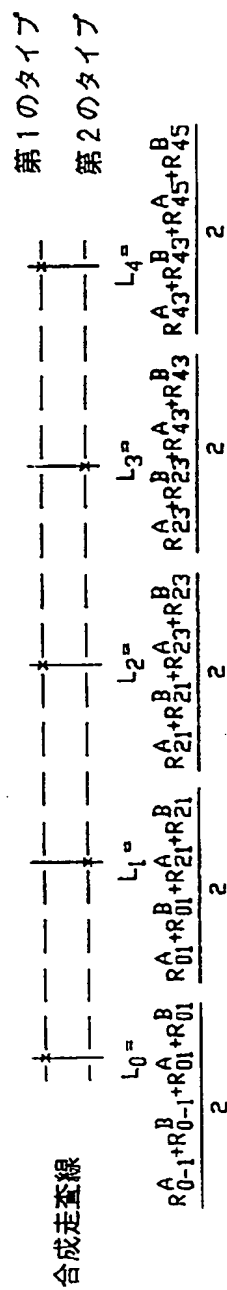


圖-1B-1

【図 1】



(52)

特表平10-506802

方位フィルタされた  
合成走査線

方位補間された  
合成走査線

距離補間された  
合成サンプル

図-1 B-2

【図2】

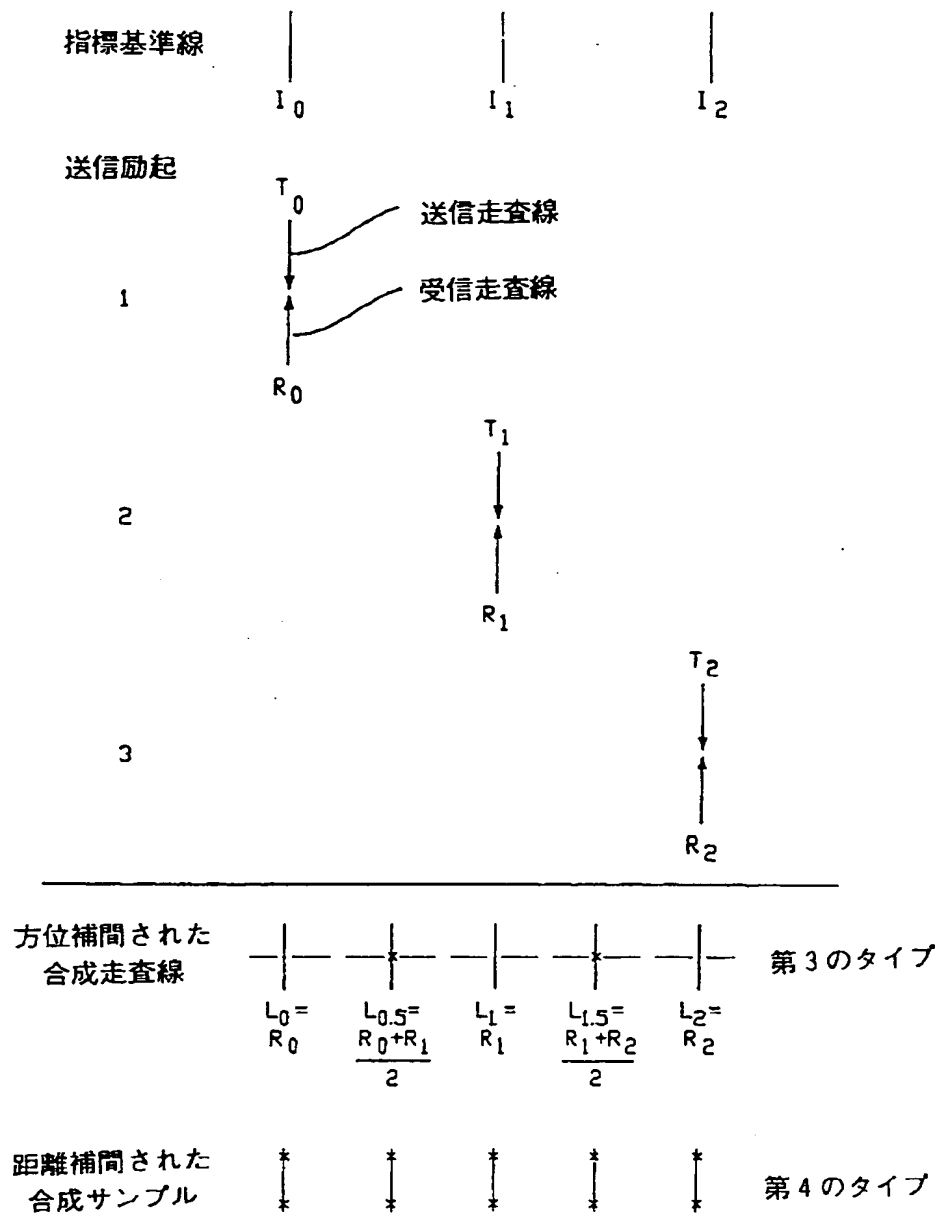


図-2

【図3】

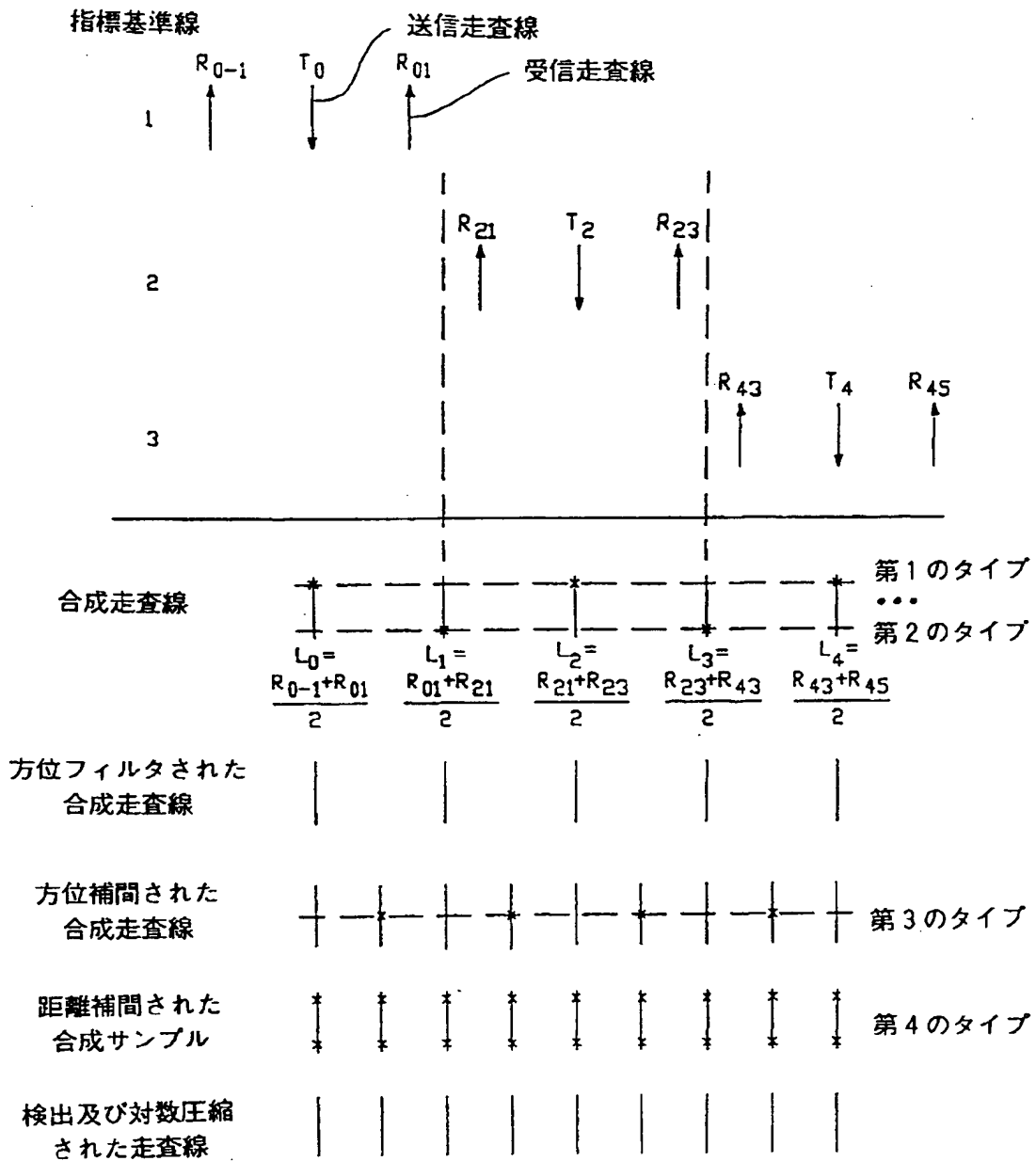


図-3

【図4A】

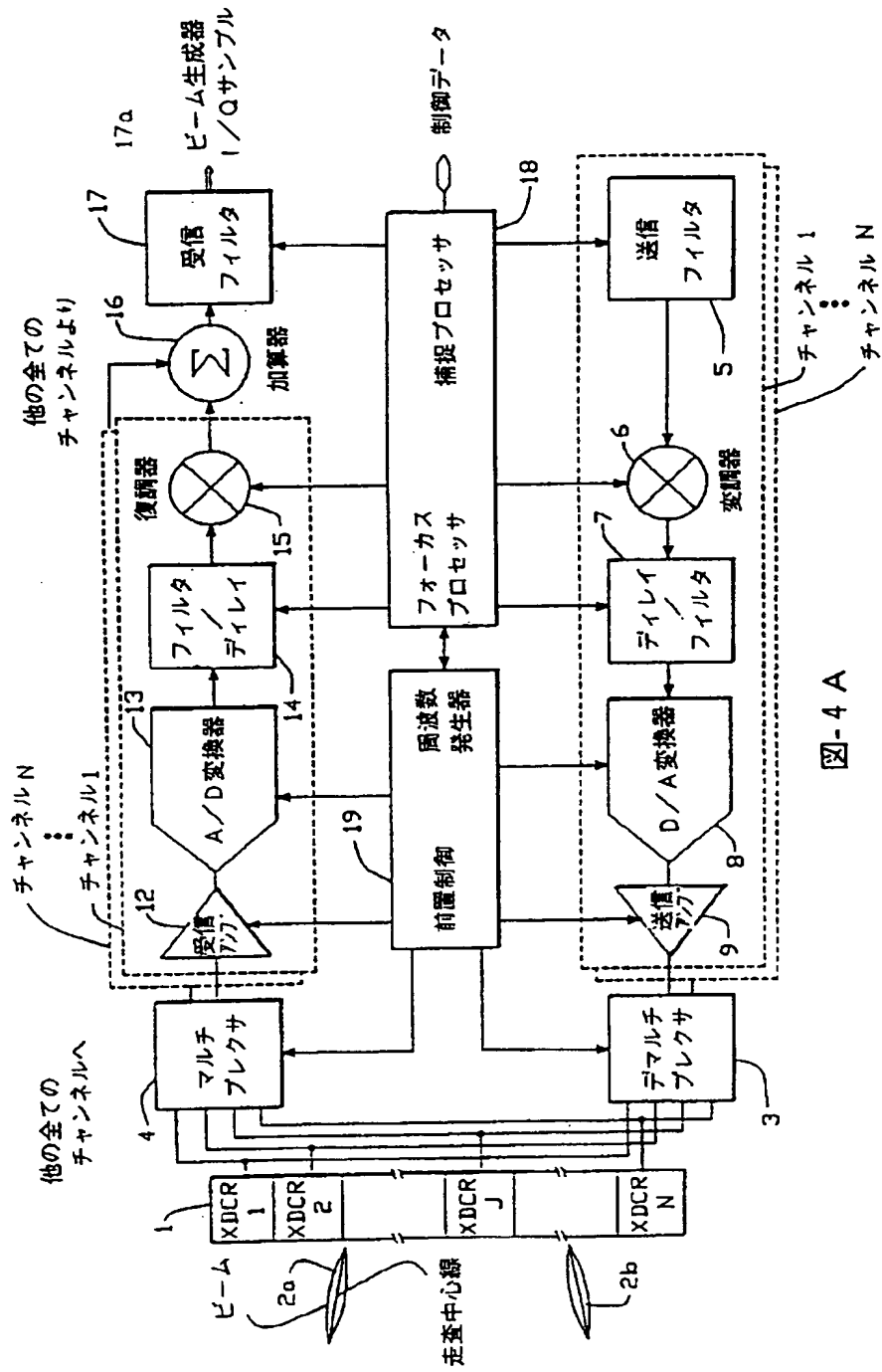


図-4 A

【図4】

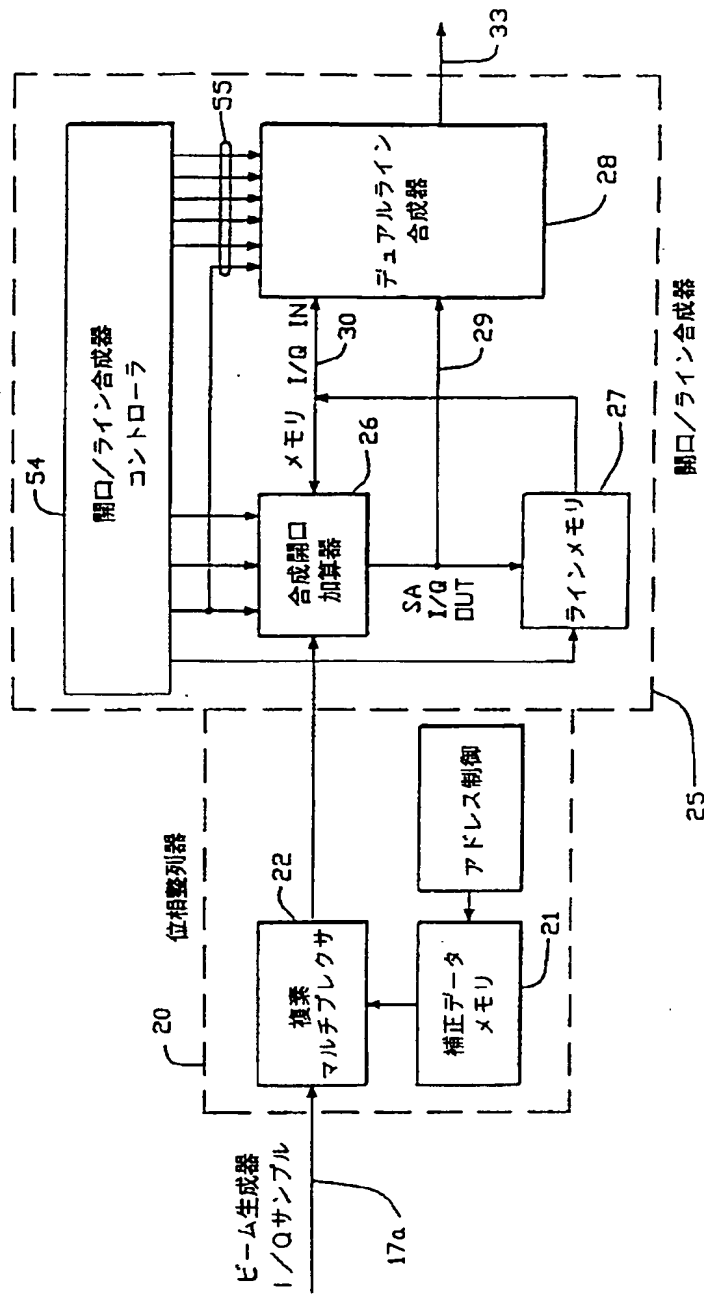


図-4B-1



【図4】

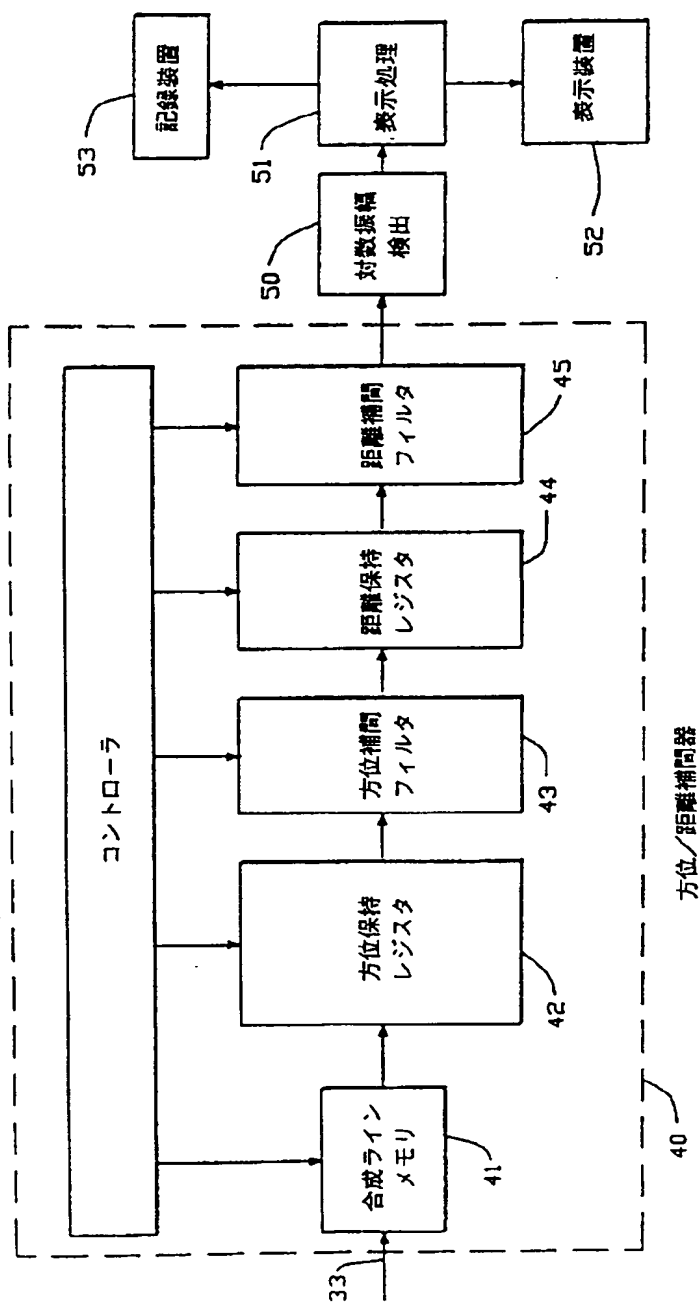


図-4 B-2

【図4】

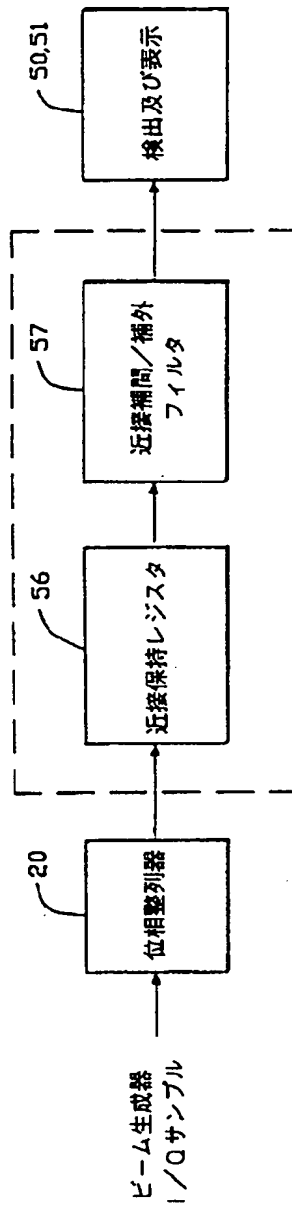
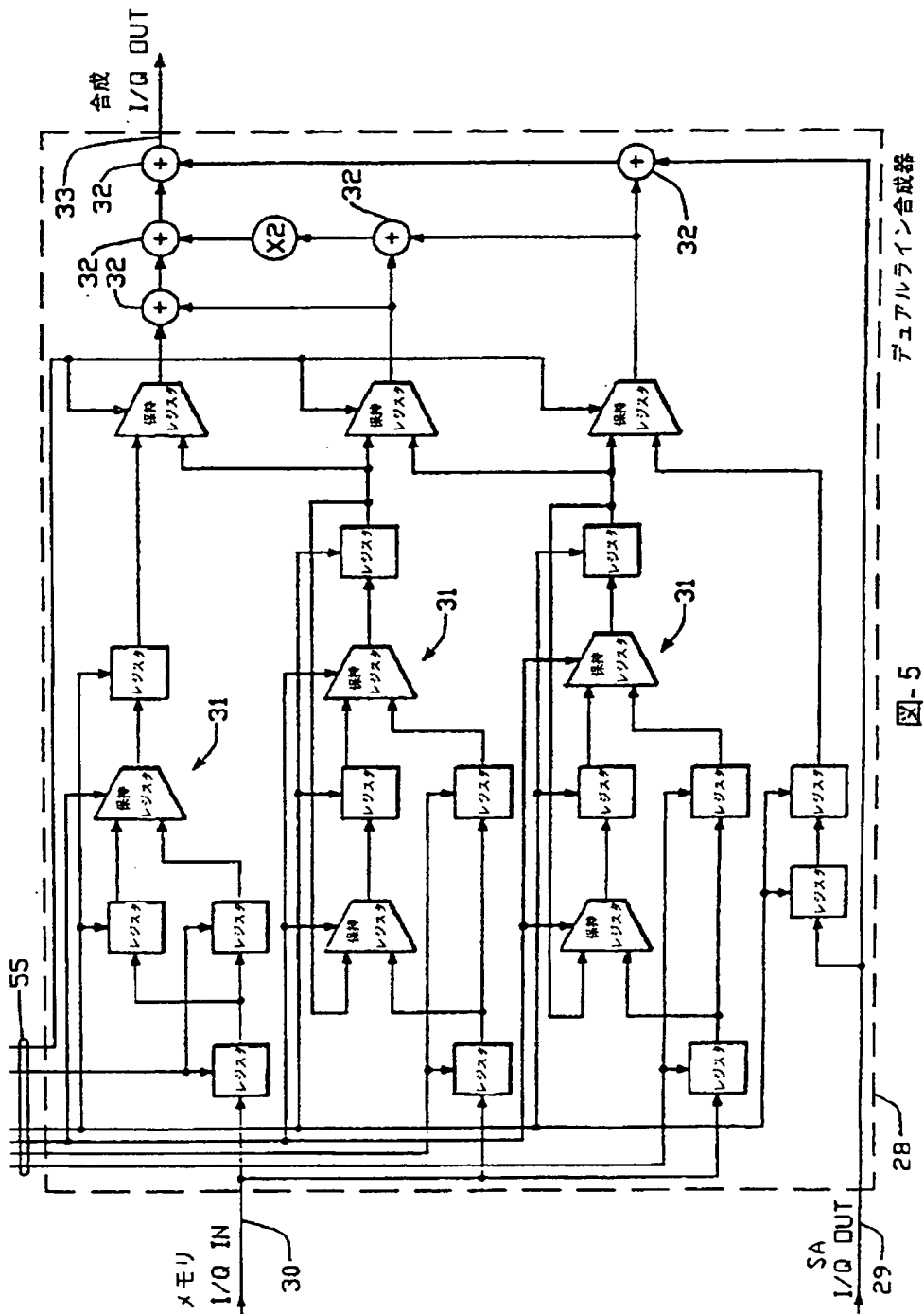


図-4 C

【図5】



【図6】

## 走査線の幾何形状

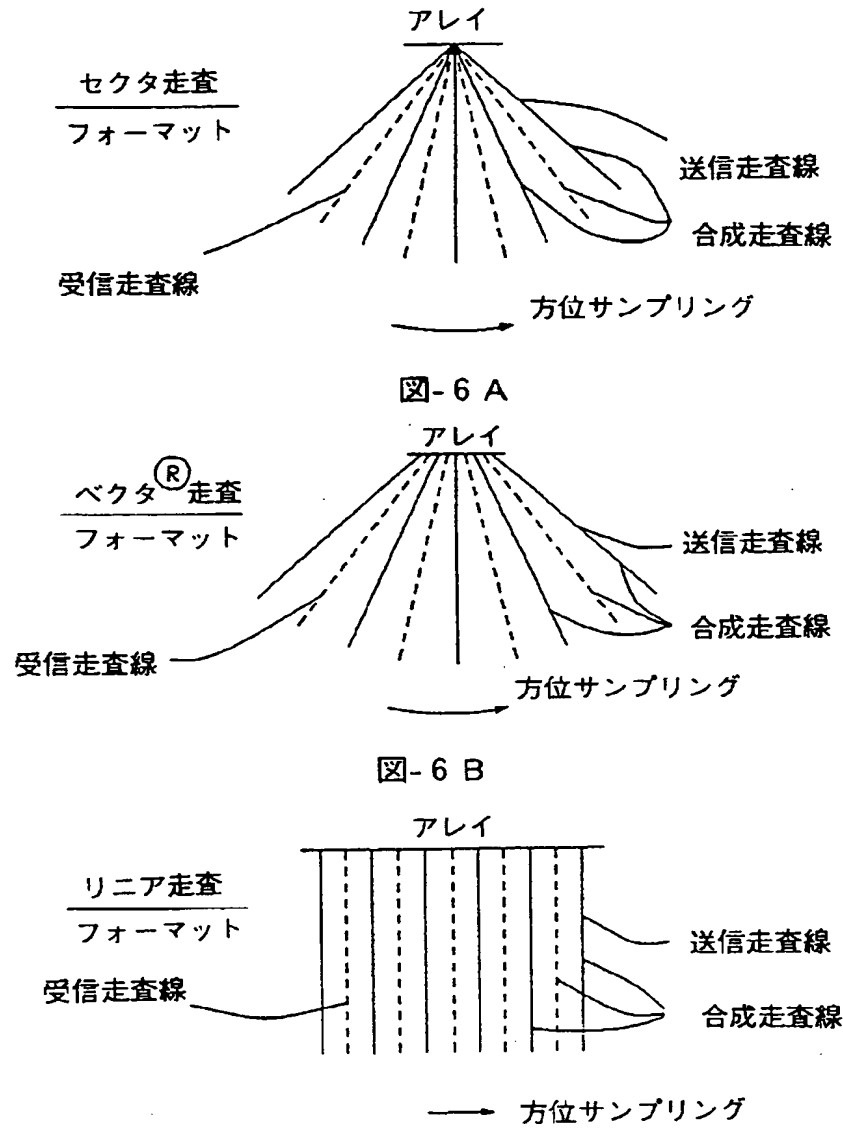
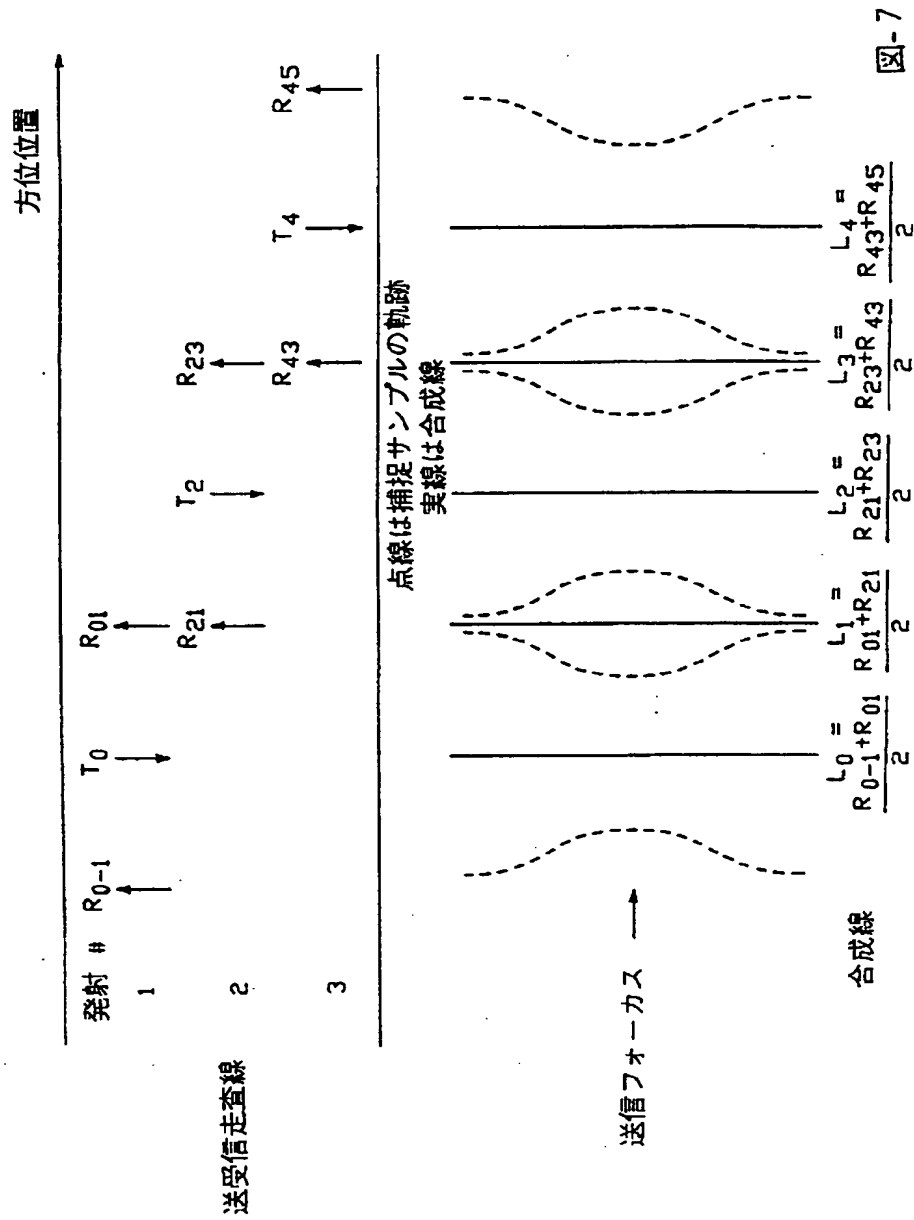


図-6 C

【図7】



【図8】

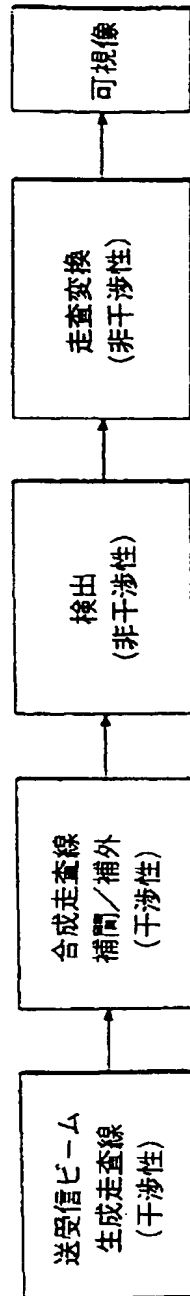


図-8 A

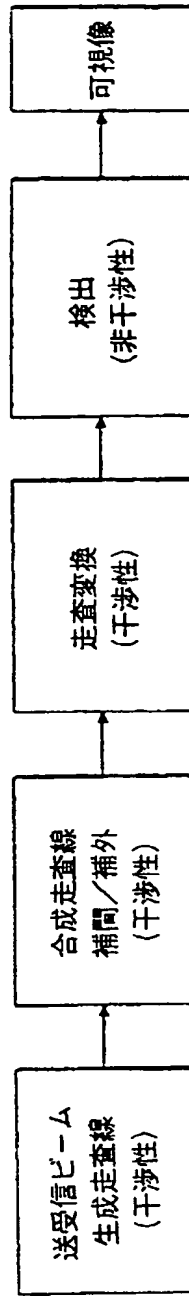


図-8 B

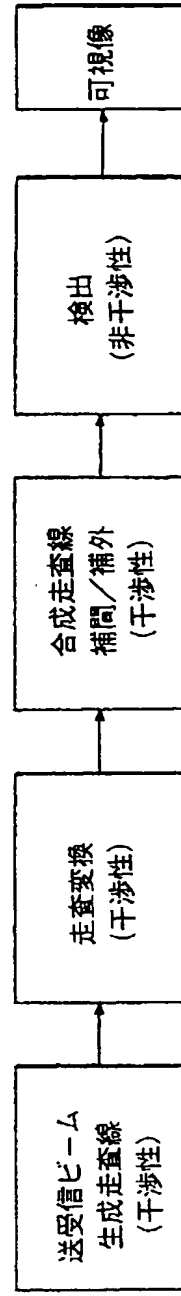
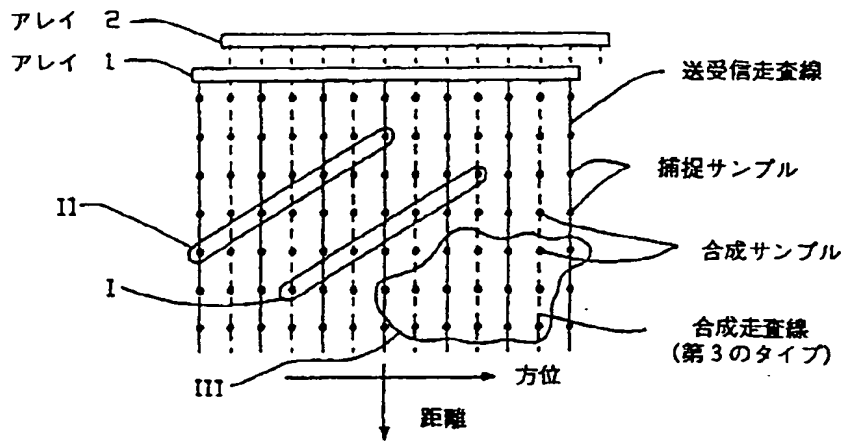


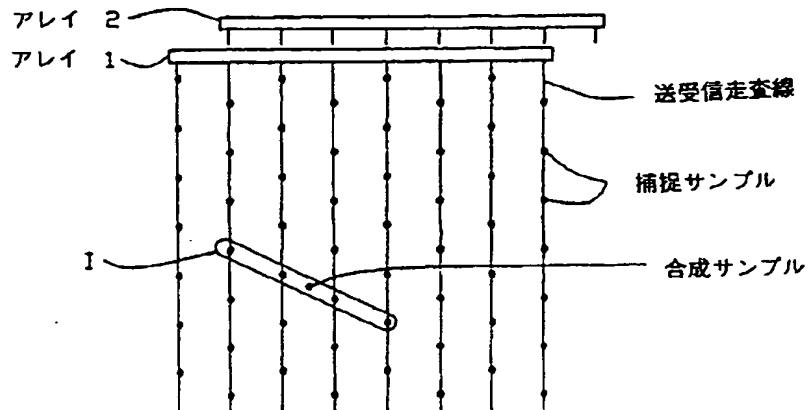
図-8 C

【図9】



リニア走査フォーマット  
デカルト座標サンプリング

図-9 A



リニア走査フォーマット  
(六方座標サンプリング)

図-9 B

【図10】

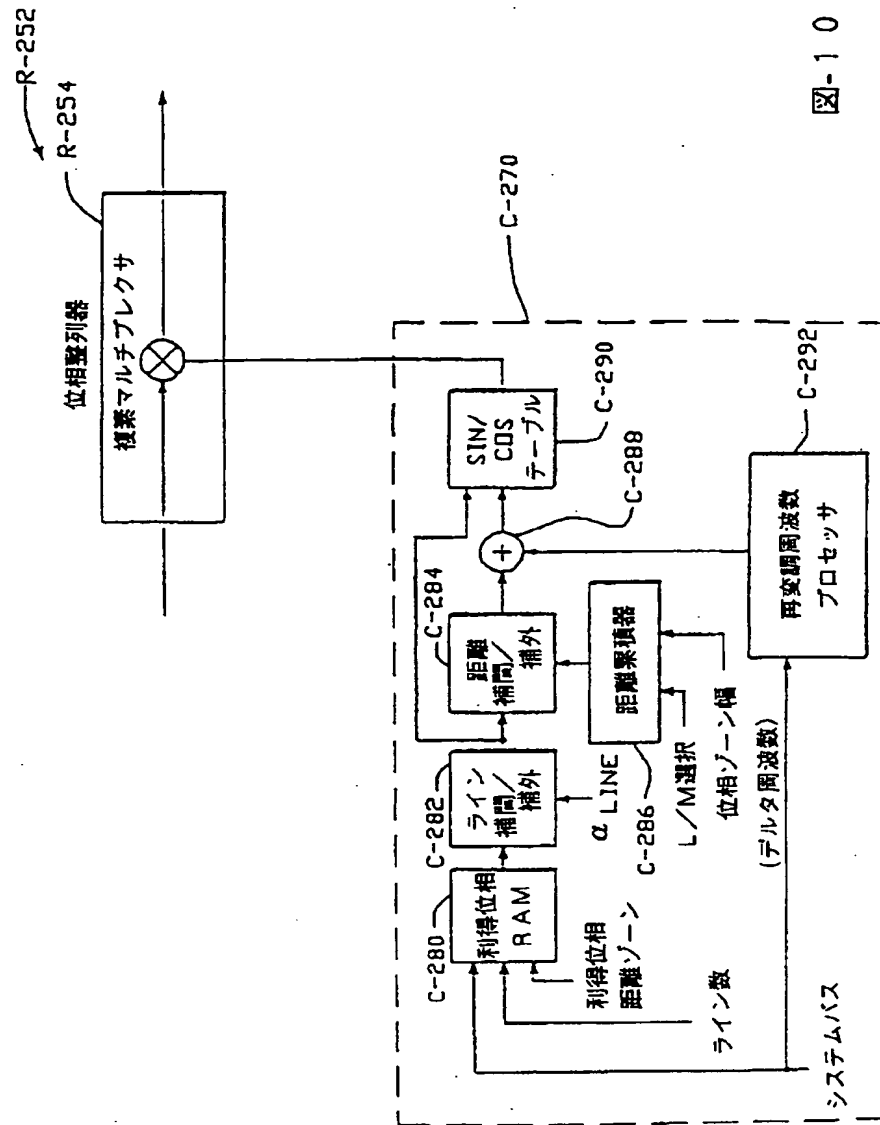


図-10



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US95/09930

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(6) : A61B 8/00

US CL : 128/661.01

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 73/624, 625; 128/660.07, 660.08, 661.01; 364/413.13, 413.25; 367/7, 11, 88

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
NONEElectronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
NONE

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, A, 5,268, 876 (RACHLIN) 07 December 1993, see entire document.	1-34
A	US, 5,278,757 (HOCTOR ET AL.) 11 January 1994, see entire document.	1-34
A	US, A, 5,295,118 (GILMOUR) 15 March 1994, see entire document.	1-34

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* "A" Special categories of cited documents:	* "T" Later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understate the principle or theory underlying the invention
* "A" documents defining the general state of the art which is not considered to be part of particular relevance	* "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
* "E" earlier document published on or after the international filing date	* "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
* "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	* "A" document member of the same patent family
* "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
* "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search

12 SEPTEMBER 1995

Date of mailing of the international search report

29 SEP 1995

Name and mailing address of the ISA/US  
Commissioner of Patents and Trademarks  
Box PCT  
Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703) 305-3230

Authorized officer

GEORGE MANUEL

Telephone No. (703) 308-2118

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)\*

---

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(KE, MW, SD, SZ, UG), AM, AT, AU, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LT, LU, LV, MD, MG, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TT, UA, UG, UZ, VN

(72)発明者 フィンガー, デイヴィッド, ジェイ,  
アメリカ合衆国, 95101 カリフォルニア  
州, サン ジョウス, トムツリー プレイ  
ス 1129

(72)発明者 ジー, アルバート  
アメリカ合衆国, 94024 カリフォルニア  
州, ロス アルタウス, マドンナ ウェイ  
844

(2)前記合成された干渉性サンプルの少なくとも1つを利用して、少なくとも1つの異なる干渉性サンプルを合成する合成部と、そして、

(b) 前記合成された干渉性サンプルを抽出する抽出部と  
を備えることを特徴とする装置。

4. 受信走査線において捕捉された干渉性サンプルであって、対象物からの信号を示す干渉性サンプルを利用して、対象物の超音波像を生成する装置であって、

(a) 位相調整データを提供する制御部と、

(b) 前記干渉性サンプルを受け取るように接続された位相調整部であって、位相調整データを利用して、前記サンプルに対して作用し、もって、サンプル間における位相干渉を実行するところの位相調整部と  
を備える装置。

5. 対象物の超音波像を生成する方法であって、

対象物からの信号を示す信号の干渉性サンプルを捕捉する工程と、

前記干渉性サンプルを利用して、信号が対象物から反射したところの受信走査線とは空間的に別個な合成走査線上に合成サンプルを生成する工程と  
を含む方法。

6. 対象物の超音波像を生成する装置であって、

超音波信号を示す干渉性サンプルを、複数の受信ビーム上の対象物から捕捉するための手段と、

空間的に別個の受信ビームにおける複数の干渉性サンプルを利用して、前記空間的に別個の受信ビームとは空間的に別個な合成走査線上において新たな干渉性サンプルを合成するための手段と  
を備える装置。

7. 第1及び第2の送信事象に関連するビーム生成されたサンプルを生成する超音波受信ビーム生成部からの信号を処理するためのシステムであって、

ビーム生成されたサンプルに依存し、そして、前記第1及び第2の送信事象に関連するサンプル間において干渉を実行するように作用する、位相調整部及び振幅調整部のうちの少なくとも1つを備える調整部と、

前記サンプルをフィルタリングするために、前記調整部で生成されたフィルタと、  
を備えるシステム。